

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр" на тему:
**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів
роздавача кормів при клітковому утриманні птиці**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІз-1-23
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Чернолецька Анна Василівна

Керівник: _____ Лупко Кристина Олегівна

Рецензент: _____ Луц Павло Михайлович

Дніпро, 2024

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

Кафедра інжинірингу технічних систем
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«11» листопада 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Чернолецької Анні Василівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів роздавача кормів при клітковому утриманні птиці

керівник роботи Лупко Кристина Олегівна, доктор філософії

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«11» листопада 2024 року № 3769

2. Строк подання студентом роботи 16.12.2024 року

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючих засобів роздавання комбикормів. 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 птахофермах. 2. Теоретичні дослідження мобільного кормороздавача. 3. Дослідження фізико-механічних властивостей кормових сумішей. 4. Результати чисельного моделювання роздавача кормів. 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 (4 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (1 аркуш, А4). 3. Чисельне моделювання (3 аркуша, 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
1-6	Лупко К. О., старший викладач	12.11.2024	09.12.2024
Нормоконтроль	Івлєв В. В., доцент	06.12.2024	09.12.2024

7. Дата видачі завдання: 11 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний	до 14.11.2024 р	виконано
2	Теоретичний	до 21.11.2024 р	виконано
3	Експериментальний	до 28.11.2024 р	виконано
4	Охорона праці	до 02.12.2024 р	виконано
5	Економічний	до 06.12.2024 р	виконано
6	Демонстраційна частина	до 09.12.2024 р	виконано

Студент

_____ Чернолецька А. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Лупко К. О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			<u>Текстові документи</u>			
1	A4	46ДР017000.000 ПЗ	Пояснювальна записка	91		
			<u>Демонстраційні матеріали</u>			
2	A4		Тема. Мета і задачі досліджень	2	1-2	
3	A4		Стан і напрями досліджень	2	3-4	
4	A4		Аналітичні дослідження	1	5	
5	A4		Чисельне моделювання	3	6-8	
6	A4		Економічні показники	1	9	
7	A4		Висновки	1	10	

46ДР017000.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розробив		Чернолецька		
Перевінив		Лупко		
Т. контр.				
Н. контр.		Івлєв		
Затверд.		Дудін		
Відомість дипломної роботи				
	літер	аркуш	аркуші	
		4	91	
ДДАЕУ МгАІ-2-23				

Чернолецька А. В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів роздавача кормів при клітковому утриманні птиці. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

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 мобільного кормороздавача. В результаті експериментальних досліджень встановлені фізико-механічні властивості кормових сумішей. В результаті чисельного моделювання отримані залежності продуктивності кормороздавача і нерівномірності дозування від фізико-механічних властивостей кормових сумішей і його конструктивно-режимних параметрів. Проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: птиця, корма, роздавач кормів, властивості, параметри, дослідження, ефективність, моделювання

Апробація. Чернолецька А. В. (2024). Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів роздавача кормів при клітковому утриманні птиці. Збірник тез III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу» (15 листопада 2024 р.). Частина 1. Інжиніринг технічних систем агропромислового виробництва. Дніпро. ДДАЕУ, 161–163.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СТАН І НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
1.1 Аналіз існуючих типів, режимів і раціонів годівлі птиці.....	8
1.2 Аналіз конструкцій кормороздавачів кліткових батарей.....	10
1.3 Обґрунтування вибору конструктивно-технологічної схеми мобільного кормороздавача	22
1.4 Мета і завдання досліджень.....	28
1.5 Висновки з розділу	28
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОБІЛЬНОГО КОРМОРОЗДАВАЧА	30
2.1 Аналіз процесу руху корму в бункері кормороздавача	30
2.2 Роздача кормосуміші	36
2.3 Витрати енергії на привод робочих органів кормороздавача.....	38
2.4 Висновки з розділу	42
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ	44
3.1 Методика та устаткування для проведення досліджень.....	44
3.2 Результати фізико-механічних властивостей кормів для птиці.....	48
3.3 Висновки з розділу	56
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	58
РОЗДАВАЧА КОРМІВ	58
4.1 Методика чисельного моделювання роздавача кормів	58
4.2 Результати чисельного моделювання роздавача кормів	61
4.3 Висновки з розділу	68
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	70
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РОЗДАВАЧА КОРМІВ ..	73
ВИСНОВКИ.....	77
Бібліографія	79
Додатки	82

ВСТУП

Відомо, що промислове птахівництво є однією з галузей сільськогосподарського виробництва, яка поряд з високими репродуктивними якостями характеризується ще й невеликим терміном окупності затрат на корми і технічне обладнання.

Відомо, що промислове птахівництво базується на годівлі сухими збалансованими комбікормами, тобто знаходиться в залежності від повного розв'язання проблеми виробництва фуражного зерна і високоякісних білково-вітамінно-мінеральних добавок (БВМД). Нажаль сьогодні заводські комбікорми поставляються зі значними відхиленнями від стандартів оскільки їх основу становить зерно пшениці з низькою цінністю білка. В зв'язку з цим через незбалансованість кормових раціонів значна частина кормів для птиці йде не на виробництво продукції, а лише на підтримку її життєдіяльності, що призводить до перевитрат вказаних кормів в 1,5-2,0 рази, затягування термінів відгодівлі птиці та підвищення собівартості продукції птахівництва на 55-60%.

Компенсувати відхилення кормової цінності комбікормів, а заодно досягти економії витрат, можна шляхом включення в кормові раціони птиці зелених або соковитих кормів. Наряду з цим економії корму та здешевлення продукції можна досягти обмеженою годівлею птиці з одночасною дозованою видачею корму.

Але нормована годівля дає економічний ефект лише при високій рівномірності розподілу корму вповдовж фронту годівлі. Особливо це відчутно при клітковому утриманні яке пов'язане з життєвим простором птиці, а тому навіть невелика похибка в розподілі корму може призвести до недоїдання однією частиною поголів'я і надмірним споживанням його другою.

Проте існуючі в Україні роздавачі кормів при клітковому утриманні птиці не забезпечують зоотехнічні норми годівлі, особливо сумішами сухих комбікормів із зеленими або соковитими кормовими компонентами. Крім цього, існуючі роздавачі мають низьку надійність, високі матеріаломісткість і енергоємність.

1 СТАН І НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз існуючих типів, режимів і раціонів годівлі птиці

Розрізняють три типи годівлі птиці: сухий, вологий і комбінований. При сухій годівлі птиця одержує тільки сухі комбікорми в розсипному чи гранульованому вигляді, які наготовлюються як правило в кормоцехах і комбікормових заводах. Найбільш трудомістким є вологий спосіб годівлі, коли у вологі кормові мішанки додають сироватку, молочні відвійки, воду, зелень та інші компоненти. Цей спосіб широко застосовується на малих фермах і в підсобних господарствах, де в достатку власних кормів. Комбінований спосіб допускає годівлю птиці як сухими, так і вологими кормосумішами, які згодуються птиці не пізніше як через 2-3 години з моменту їх приготування.

Аналіз досліджень з раціональної годівлі птиці за останні 45 років показує, що багато дослідників вважають нормовану годівлю та лімітовану годівлю дуже важливими. Лімітована годівля вважається найпростішим і найдоступнішим методом економії корму та потужним фактором впливу на організм птиці в процесі її адаптації до жорсткішого режиму годівлі, що забезпечує підвищене засвоєння поживних речовин корму, який надходить.

При вільному доступі до кормів птиця споживає поживних речовин більше фізичної потреби (кури м'ясних порід – на 10-12 %, молодняк – на 30-50 %), що викликає патологію жирового обміну та зниження продуктивності.

В деяких випадках споживання зайвого корму економічно може бути виправданим: при вирощуванні бройлерів; в період несучості молодої птиці, коли необхідно компенсувати високі витрати поживних речовин. В усіх інших випадках необмежена годівля приносить явні економічні та біологічні збитки.

Питання нормованої годівлі розробляють в усіх країнах з розвинутим птахівництвом. Створено різні програми обмеженої годівлі птиці, які враховують вікову динаміку фізіології організму і зміни рівня продуктивності птиці.

Проведені дослідження показали, що найбільш ефективним і перспективним є щодобове обмеження норми корму від споживаного досхочу. Цей метод сприяє підвищенню живої ваги птиці на 2,3-6,2 %, зниженню витрат корму на 1 кг приросту на 0,8-6,9 %, поліпшенню м'ясних якостей птиці.

Другий метод ефективного використання комбікормів - введення в раціон птиці зелених і соковитих кормів власного виробництва: конюшина, кропива, подрібнена люцерна, комбінований силос, капуста, лобода, турнепс, бруква, соя, гичка моркви, овочів та ін.; силос, виготовлений з високопоживної зеленої маси, в осінньо-зимовий період є джерелом вітамінів для птиці. Ці види кормів у свій час були добре досліджені, розроблені норми та є досвід їх використання.

Головна перевага соковитих кормів – наявність у них великої кількості вітамінів, мінеральних солей і мікроелементів, клітковини; значного процента колоїдно-зв'язаної води, яка позитивно впливає на стан тканин організму, а особливо нервової системи птиці, а також особливих речовин, які розглядають як збудники секреції залоз травлення. При згодовуванні соковитих кормів у птиці не спостерігається поява таких захворювань як ацидоз, ендогенні авітамінози, гастрити, тому, що ці корми різко змінюють середовище кишечника, стримують дію процесів гниття та бродіння, стимулюють ранній розвиток статевих органів, позитивно впливають на якість яєць і сприяють збільшенню яйценосності й живої ваги птиці.

При клітковому утриманні птиця особливо потребує додаткової дачі зелених кормів. Тому свіжі зелені подрібнені корми дають окремо або в суміші із зерновими кормами, в межах 20-30 % (до ваги сухої частини/раціону) для курей. Вологість таких кормосумішей для курей повинна бути до 40%.

Застосування комбікормів, навіть частково збагачених зеленими кормами, дає підвищення продуктивності птиці на 10-15 %. А якщо комбікорми збалансовані відносно загальної поживності, за протеїном, мікроелементами та збагачені вітамінами, антибіотиками, то продуктивність птиці зростає на 20-25 % і вище.

Впровадження наукових досягнень в області годівлі птиці, таких як нормована годівля та додавання свіжих зелених подрібнених кормів у комбікорм для значного скорочення витрат кормів, а отже, і зниження собівартості продукції – доцільне та виправдане лише при наявності відповідного технологічного устаткування. Надмірне відхилення добової дози корму, може призводити до голодових стресів птиці, підвищенню смертності й зниженню яйценосності. З метою визначення доцільних типів технічних засобів для роздачі кормів на птахофабриках проведемо аналіз існуючих.

1.2 Аналіз конструкцій кормороздавачів кліткових батарей

Незважаючи на те, що сьогодні в країнах із розвинутим птахівництвом переглядаються умови вирощування й утримання птиці, в даний час клітковому вирощуванню приділяють значну увагу, бо цей спосіб дозволяє збільшити місткість пташників і об'єм одержуваної продукції на 10-15 % та підвищити продуктивність праці в 1,5-2 рази .

Приймаючи до уваги викладене, а також те, що практично всі кури-несучки, близько 45 % поголів'я бройлерів у нашій країні вирощується та утримується в кліткових батареях, у даній роботі доцільно більш докладно розглянути і провести аналіз кормороздавального устаткування, яке на сьогоднішній день одержало найбільше поширення на птахофабриках із клітковою технологією утримування птиці.

До кормороздавачів кліткових батарей пред'являють певні зоотехнічні й технічні вимоги: машини повинні бути прості по конструкції та в керуванні, мати високу експлуатаційну надійність; повинні задовольняти санітарним правилам і вимогам техніки безпеки.

Основна вимога до кормороздавачів кліткових батарей при нормованому способі годівлі птиці – забезпечення видачі визначеної дози корму кожній птиці за рахунок її плавного регулювання з візуальним контролем, швидким налагодженням на необхідну дозу видачі та рівномірним розподілом корму по

фронту годівлі відповідно до типу годівлі та продуктивної спрямованості птиці. Дана вимога більш значуща при збільшенні кількості голів птиці в кожній клітці та при зменшенні фронту годівлі в розрахунку на одну голову. Недотримання даної вимоги зводить нанівець весь ефект обмеженої годівлі птиці, а також може призводити до негативних наслідків.

У нашій країні і за кордоном розроблено та впроваджено дуже багато різних конструкцій кормороздавачного обладнання, яке можна класифікувати і подати у вигляді схеми (рис. 1.1).

Різноманітність типів кормороздавачів пояснюється, головним чином, пошуком найбільш раціональної конструкції, яка відповідала б все зростаючим вимогам до експлуатації.

В даний час у конструкціях кліткових батарей використовують дві основні системи роздачі кормів: мобільними бункерними роздавачами, які рухаються вдовж батареї, і транспортування кормів зі стаціонарних бункерів тяговими робочими органами.

Стаціонарні роздавачі кормів у кліткових батареях. Стаціонарні кормороздавачі з тяговими робочими органами (тросошайбові, ланцюгові) засновані на двох основних принципових схемах: з роздільним транспортним каналом і кормовим жолобом та спільним транспортним каналом і кормовим жолобом.

До складу ланцюгового роздавача входить (на кожний ярус батареї): бункер кормів, поворотні пристрої, кормовий жолоб з робочим органом, виконаним у вигляді шюсколанкового ланцюга (рис. 1.2).

Важлива перевага ланцюгових роздавачів полягає в об'єднанні транспортного каналу з кормовим жолобом, що обумовлює порівняно малу матеріаломісткість всієї установки. Використання такого роздавача дає змогу повністю автоматизувати процес роздачі корму.

Недоліком ланцюгового роздавача є те, що він не передбачає вертикальний або зворотній рух, через що ускладнюється його використання у багаторушній клітковій батареї. В процесі експлуатації ланцюг швидко

зношується і витягується, зірочка приводу починає пробуксовувати.

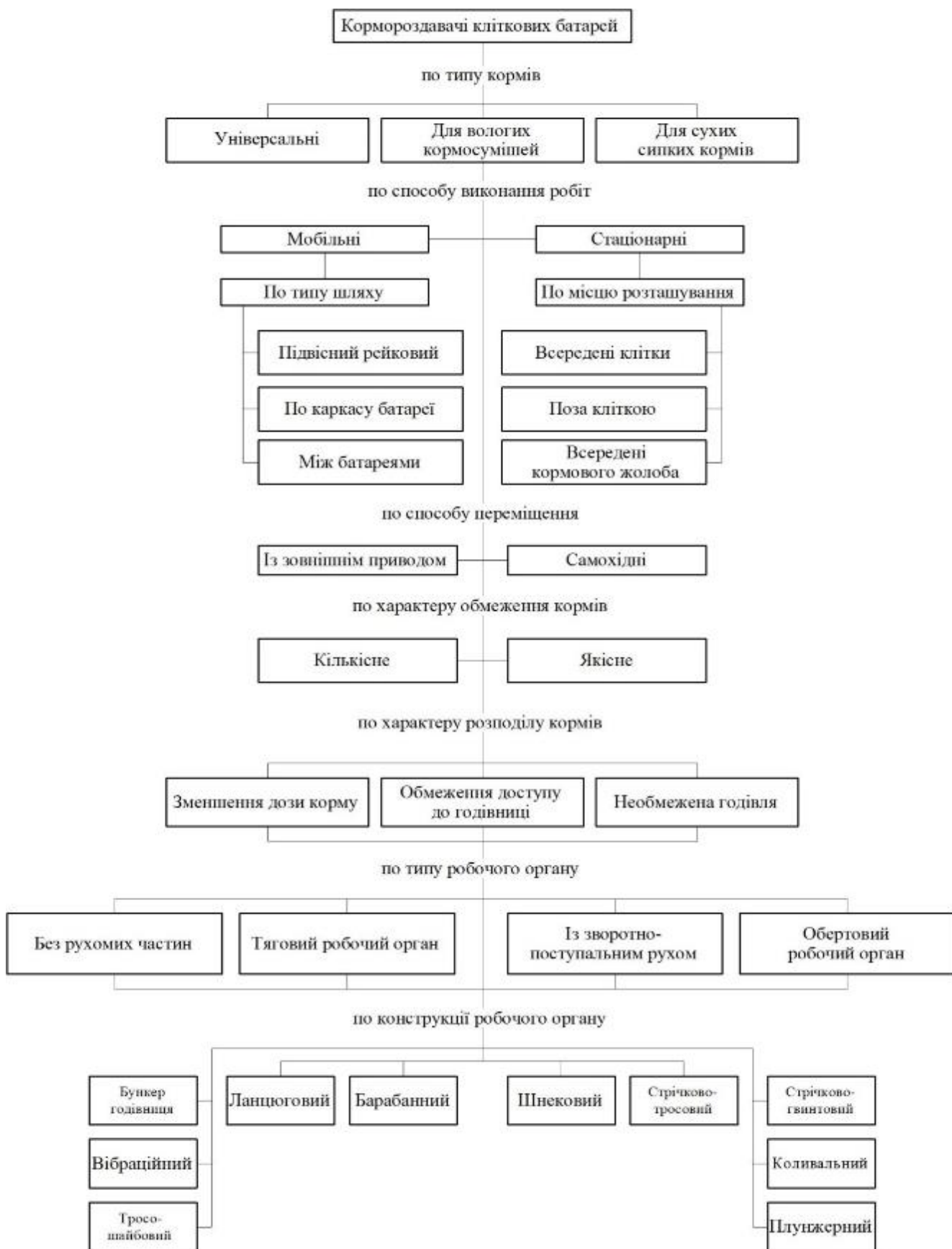


Рисунок 1.1 – Класифікація кормороздавачів кліткових батарей

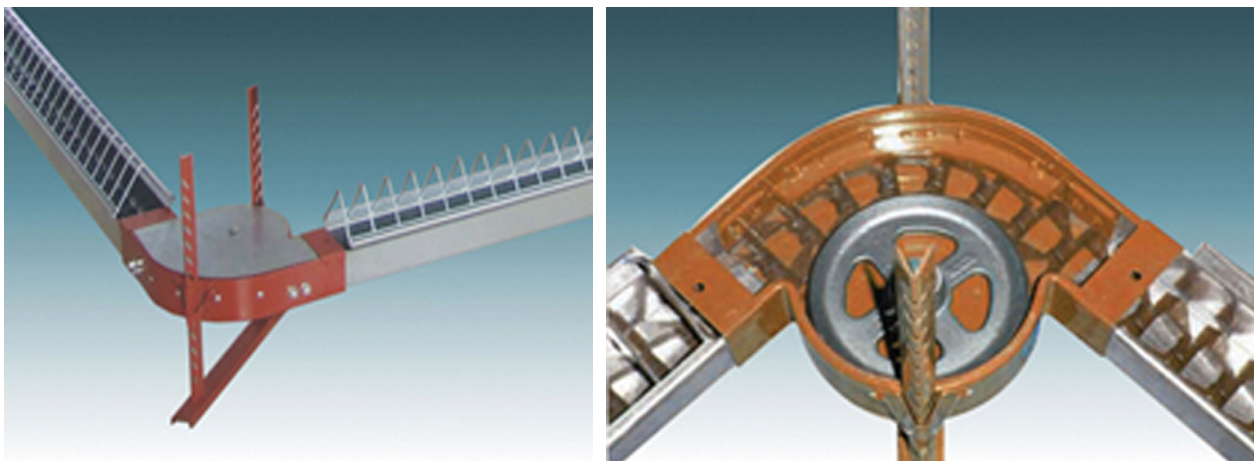


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд ланцюгового роздавача кормів

Аналіз проспективних матеріалів, реферативних журналів, патентів та інших літературних джерел показав, що найбільш активно займаються розробкою і випуском ланцюгових роздавачів фірми: Chore-Time (США); Big Dutchman (Німеччина); Valli International (Італія); Kühne (Угорщина); Kreyer Apparatebau GmbH (Німеччина). Технічні характеристики деяких моделей ланцюгових роздавачів приведені в табл. 1.1.

Фірми Tigsa (Іспанія) та Valli International (Італія) в системах з відкритим жолобом, робочим органом є спіраль (рис. 1.3). В літературі відсутні технічна характеристика та дані випробувань цього роздавача, тому неможливо дати оцінку його експлуатаційних якостей.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики ланцюгових роздавачів

Показник	Melier (Німеччина)	Valli (Італія)	MPF-3 (Німеччина)	ХКИ-3 (Угорщина)
Швидкість руху ланцюга, м/хв	5,2	4	3,6	3,6
Потужність приводу, кВт	0,75	0,75	0,25	0,25
Крок ланцюга, мм	44,27	45	42	42
Продуктивність, кг/рік	180-200	300	100-300	257
Розміри кормового жолоба, мм:				
ширина	88,4	120	120	120
висота	94,2	80	40/120	80
Тип регулювання норми видачі корму	Гумова заслінка	-	Шибєрний пристрій	-



Рисунок 1.3 – Годівниця зі спіральним робочим органом

Стрічково-тросовий роздавач має недоліки, аналогічні ланцюговому роздавачу. Він складається з бункера (рис. 1.4), механізму приводу, транспортерної стрічки з тросом, механізму зрівнювання швидкостей стрічок, комплекту кормових жолобів з огороженнями і призначений для роздачі кормів по всій довжині кормового фронту. Нерівномірність роздачі корму становить $\pm 15\%$.

При експлуатації стрічково-тросового роздавача корм, який попадає під стрічку, при очищенні цілком не видаляється з жолоба. А це призводить до його нагромадження в жолобі та збільшенню стискального зусилля на протягування стрічки по дну. Крім цього, наявність холостої гілки транспортера, пробуксовування, забивання та заклинювання стрічки, ковзання корму по стрічці, внаслідок чого ускладнюється його переміщення навіть при незначних ухилах – усе це призводить до зниження продуктивності роздавача.

До складу тросошайбового роздавача входить бункер кормів, поворотні пристрої, кормовий жолоб із тросошайбовим робочим органом, виконаним у вигляді троса із закріпленими на ньому шайбами з полімерного матеріалу (рис. 1.5), натяжний пристрій електропривода.

Перевагою цього роздавача в порівнянні з ланцюговим роздавачем є можливість роздачі корму з більшою швидкістю. Так, у кліткових батареях

БКН-3А (Україна) швидкість роздачі корму становить 19,8 м/хв, в деяких зарубіжних конструкціях – 24,3 м/хв.



Рисунок 1.4 – Стрічково-тросовий роздавач

Розміщення робочого органа в транспортному каналі – трубі з щілиною по всій довжині годівниці (рис. 1.5) – дозволяє зменшити вибіркове поїдання корму. Контур роздачі корму може бути замкнутим у вертикальній площині – це дає можливість розмістити роздавач усередині багатоярусної кліткової батареї з двостороннім доступом птиці до кормового жолоба. Технічна характеристика тросошайбових роздавачів приведена в табл. 1.2.

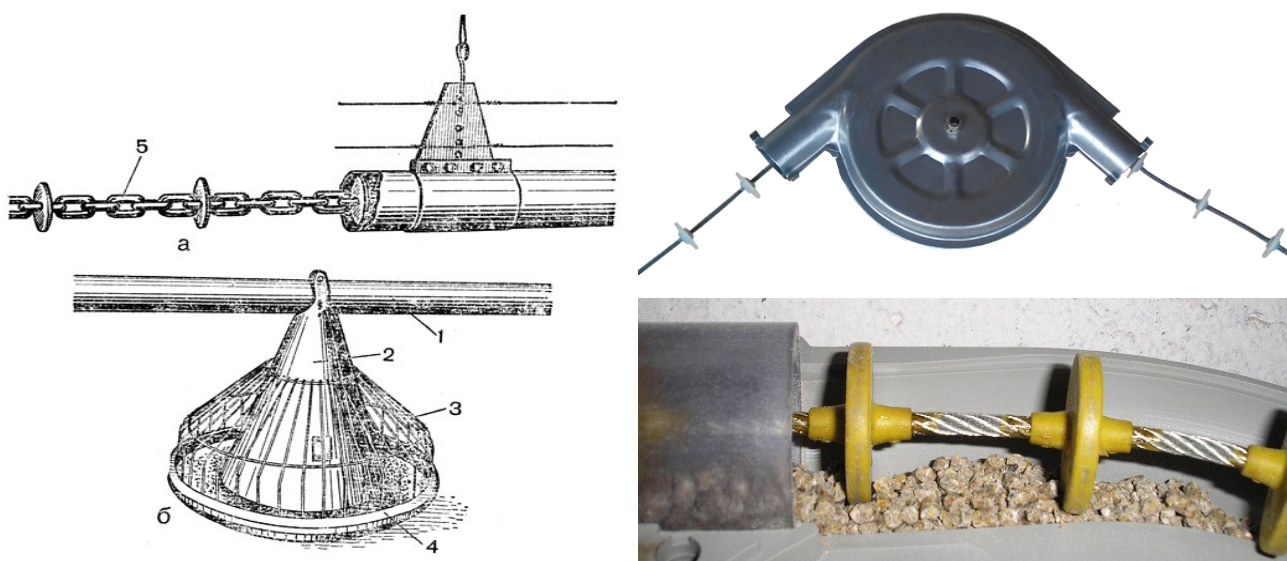


Рисунок 1.5 – Тросошайбовий роздавач кормів:

а – підвіска транспортера; б – годівниця; 1 – труба; 2 – конус; 3 – огорожа з

дроту; 4 – кормова чаша; 5 – ланцюг зі скребками-шайбами

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики тросошайбових кормороздавачів

Показник	БКН-3 (Україна)	TF-45 (Німеччина)	Valli (Італія)	ККТ (Угорщина)
Продуктивність, кг/год	2860	2800	3070	1500
Швидкість руху робочого органу, м/хв	19,8	34,2	30	28,8
Діаметр дисків, мм	44	45	45	45
Відстань між дисками, мм	200	200	200	100
Діаметр троса, мм	5,5	6	6	6
Тип регулювання видачі корму	Дозуючий пристрій	-	Шиберна заслінка	-
Потужність приводу, кВт	3,0	2,2	2,2	1,1
Частота обертання, об/хв	1435	1500	-	-
Тип годівниці	Кормовий жолоб	Бункерна	Бункерна	Бункерна

В ІМТ УААН (м. Запоріжжя) проведені дослідження процесу роздачі тросошайбовим роздавачем кормосумішей, приготовлених на основі сухого розсипного комбікорму з додаванням подрібненої зеленої маси люцерни в кількості 5-40 % від загальної маси суміші. Конструкція роздавача (рис. 1.5) при роздачі таких кормосумішей виявилась непрацездатною. Навіть після одного циклу кормороздавачі, в годівниці наростали залишки вологого корму, що згодом призводило до закупорювання поздовжньої щілини в годівниці, зламу та зсуву шайб робочого органу.

Роздавачі кормів з робочими органами, що здійснюють зворотно – поступальні рухи (плунжерні, коливальні, вібраційні), через численні поломки, швидкий знос, підвищені вимоги до чистоти поверхні годівниці й точності монтажу, великої нерівномірності видачі корму (до 20-30 %), значного шуму, втрати і сепарацію корму, надто велику металомісткість – не знайшли широкого застосування при клітково-батареєному утриманні птиці. Тому в даній роботі конструкції цих роздавачів не розглядаються.

Більш простими у виготовленні та обслуговуванні є роздавачі виконані з гнучким спіральним робочим органом, діючим як шнек усередині труби. Переваги таких роздавачів: можливість використання при непрямолінійному

розміщенні, мала матеріаломісткість. Однак у зв'язку з високою нерівномірністю видачі корму вони знайшли широке застосування при роботі в режимі транспортування корму і видачі його в пластмасові круглі бункерні годівниці (рис. 1.6), які є, в певній мірі, дозуючими органами в таких системах кормороздавачі. Величину дози корму регулюють, змінюючи положення дозуючого циліндра 1 (рис. 1.6), об'єм якого, розрахований на максимальну одноразову дозу корму, відповідає кількості птиці, що користується годівницею.

Аналіз проспективних матеріалів, реферативних журналів, патентів та інших літературних джерел показав, що найбільш активно займаються розробкою і випуском роздавачів виконаних із гнучким спіральним робочим органом і бункерними годівницями, фірми в Європі та США: фірма SKA (Італія) – моделі Gamma, Leo; фірма Aza (Італія) – модель TPa; фірма Roxell (США) – моделі Minimax, Bridomat; фірма Tigma (Іспанія) – модель M-45; фірма Chore-Time (США) – модель C2 Plus; фірма Paï (Франція) – модель M-80; фірма Big Dutchman (Німеччина) – модель Big-Pan Plus. Технічні характеристики деяких моделей цих роздавачів приведені в табл. 1.3.



Рисунок 1.6 – Бункерна годівниця Big-Pan Plus фірми Big Dutchman

Круглі бункерні годівниці (рис. 1.6) мають цілий ряд недоліків. У кліткових батареях перевагу круглих годівниць реалізувати складно, тому що зменшується місткість клітки. У початковий період вирощування (з 14 до 30

днів) курчата нерідко залазять усередину годівниці (рис. 1.6), в результаті чого різко зростає розсипання і втрата корму. До 3-місячного віку птиці розсипання корму з однієї такої годівниці становить 800 г на добу; при недостатній висоті або неправильному розташуванні годівниці втрати корму – 10-15%.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики кормороздавачів із спіральним робочим органом

Показник	Big-Pan Plus (Німеччина)	Tira (Італія)	M-45 (Іспанія)	C 2 Plus (США)
Діаметр годівниці, мм	355	340	360	355
Місткість годівниці, гр	325	300	340	325
Місткість бункера, кг	125	130	135	125
Потужність приводу, кВт	0,55	0,5	0,6	0,55
Максимальна довжина роздачі, м	120	120	110	120
Продуктивність, кг/год	485	460	490	480

В заключний період вирощування, коли маса птиці становить 1,2-1,5 кг, при вилові або ветеринарних заходах птиця, лякаючись, нерідко ламає верхню решітку годівниці. При цьому вона одержує можливість розгрібати корм ногами, що викликає різке збільшення його втрат.

Стационарні роздавачі з тяговими робочими органами є високопродуктивними та досить простими по конструкції. Але жодна з конструкцій стаціонарних роздавачів корму з відкритим жолобом не забезпечує нормованої годівлі птиці. Оскільки доступ птиці до корму під час його роздачі та мала швидкість руху ланцюга (0,055-0,093 м/с), призводять до вибіркового скльовування корму птицею, збільшення часу роздачі корму (45-75 хв) та зростання його дрібної фракції до кінця кормолінії.

Стрічково-тросовим та ланцюговим роздавачами можна роздавати кормосуміші приготвлені з сухого комбікорму та подрібненої зеленої маси. Проте робочі органи роздавачів з відкритим жолобом заважають птиці при поїданні корму – внаслідок чого корм у деяких місцях злежується і накопичується. Отже, для запобігання виникнення та перенесення інфекцій перед кожною роздачею годівниці необхідно чистити спеціальними щітковими

очисниками.

До експлуатаційних недоліків ланцюгових і тросошайбових роздавачів, відносяться: складність автоматичної підтримки заданого натягу ланцюга (троса); швидкий знос жолоба; перетирання корму (наприклад, при роздачі кормових гранул тросошайбовим роздавачем на відстані 150 м, кількість цілих гранул зменшується до 30 %).

Тросошайбові й ланцюгові кормороздавачі мають велику матеріаломісткість, невисоку експлуатаційну надійність та високу енергоємність за рахунок тертя тягового органу і корму по периметру жолоба.

Для зменшення тривалості й нерівномірності видачі корму в роздавачах з відкритим жолобом застосовують металеві кришки (для закривання годівниць на період роздачі корму) або збільшують швидкість переміщення робочих органів. Ці заходи значно збільшують вартість, матеріало- і енергоємність роздавачів, спричинюють травматизм птиці. При збільшенні швидкості виникають додаткові динамічні навантаження в приводі роздавача, порушуються нормальні умови зчеплення зубів зірочки з шайбами, збільшується зношування поверхонь контакту й енергозатрати на привод; нерівномірність роздачі корму становить $\pm 10,6-36,8\%$, з тривалим зниженням рівня корму в кінці контуру кормолінії. Втрати корму сягають 6-10%.

Через вказані вище недоліки, використання стаціонарних роздавачів кормів у кліткових батареях для здійснення необхідної програми нормованої годівлі птиці кормосумішами приготовленими на основі комбікорму з додаванням подрібненої зеленої маси, є проблематичним і безперспективним.

Мобільні роздавачі кормів у кліткових батареях. Як показує досвід країн з розвинутим птахівництвом, найбільш перспективною з погляду на підвищення якості виконання процесу дозованої видачі корму є система роздачі кормів мобільними бункерами – дозаторами по числу кормових жолобів. Головна її перевага полягає в одночасній видачі корму однакової якості на всіх ярусах батарей незалежно від їх числа. При цьому в процесі роздачі не відбувається вибіркового скльовування корму, що включає спеціальні засоби

для обмеження доступу птиці до корму.

В бункерних мобільних роздавачах, які входять до комплектів обладнання КБМ-2, КБА-4, КБО-1, КБУ-3, КБН-1 (рис. 1.7), корм видається за допомогою натягнутого в годівниці ланцюга.

Роздавачами таких конструкцій можна проводити роздачу в годівниці кліткових батарей кормосумішей, приготовлених з використанням подрібненої зеленої маси. Проте ці роздавачі не передбачають плавної зміни величини дози корму в широкому діапазоні: нерівномірність видачі корму становить $\pm 10-17,4\%$; втрати корму – 5-10 %.

Бункерні мобільні роздавачі кормів аналогічних конструкцій випускають фірми: Теспо (Італія), Агуас (Іспанія), ФАССО (Італія), Кгеуег Apparatebau GmbH (Німеччина), LАСО (Голландія),.

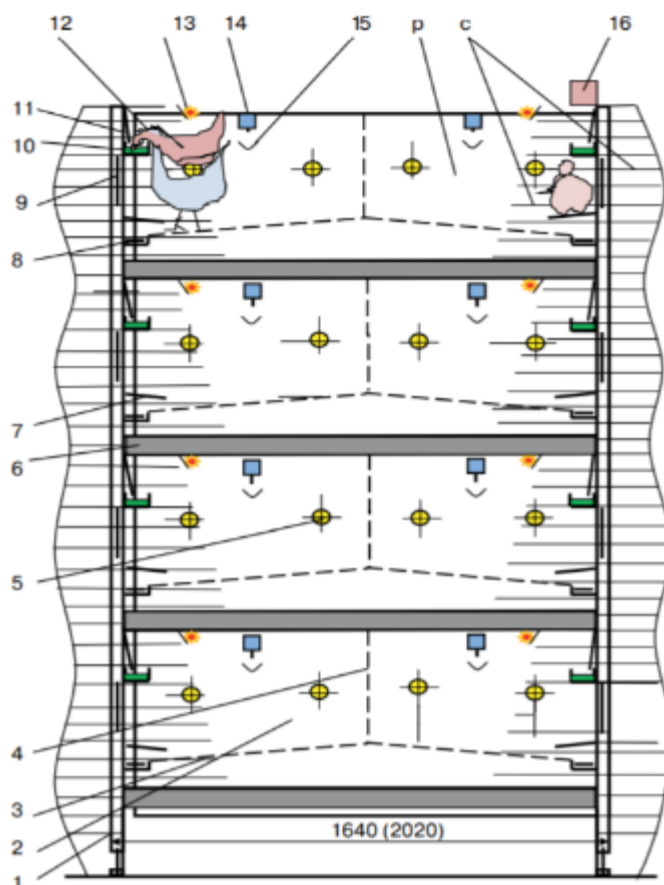


Рисунок 1.7 – Мобільний бункерний роздавач

1 – каркас; 2 – клітка; 3 – підніжна решітка; 4 – перегородка; 5, 12 – сідало; 6 – гноезбірник; 7 – козирок; 8 – яйцезбірник; 9, 11 – дверцята; 10 – годівниця;

13 – світильник; 14 – поїлка; 15 – краплеуловлювач; 16 – пульт керування

Мобільні роздавачі КП-8Л (рис. 1.8), виконані у вигляді самохідної конструкції, колеса якої переміщуються по напрямним прикріпленим до каркаса батареї за допомогою тягового каната, з'єднаного з електроприводом, а бункер для корму знаходиться над клітковою батареєю.

Для забезпечення сталої заданої продуктивності за часом (у межах припустимих відхилень) корм видають гвинтовими робочими органами (шнеками) на обидва боки батареї. Шнеки, розміщені безпосередньо по всій дожині дна бункера, примусово транспортують корм до спускних рукавів, спонукаючи його до гравітаційного витікання по них у годівниці батареї. Кожен роздавач обладнаний коробкою передач, за допомогою якої можна встановити три значення дози корму на одиницю довжини кормового фронту. Корм роздають при русі роздавача від переднього до заднього щита батареї. При зворотному русі роздавача видача корму не передбачена.

З метою встановлення можливості використання моделей бункерних мобільних роздавачів кормів з спускними рукавами для нормованої годівлі птиці з періодичною зміною видачі доз корму в Інституті птахівництва УААН (м. Харків) проведені виробничі випробування.

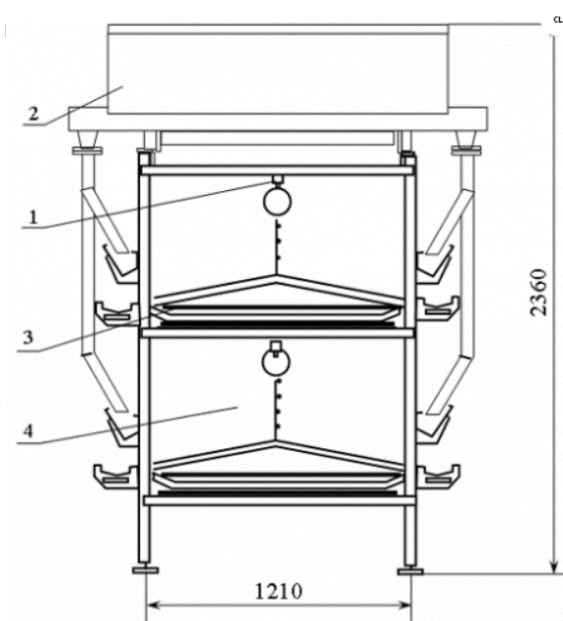


Рисунок 1.8 – Бункерний кормороздавач КП-8Л:

1 – система поїння; 2 – кормороздавач; 3 – система гноєприбирання; 4 – каркас

В результаті встановлено, що роздавач не відповідає зоотехнічним вимогам – нерівномірність видачі корму по ярусах батареї знаходилася в межах $\pm 14,1-16,9\%$, бо роздавач видає корм при прямому і зворотному ході за рахунок висипання корму з щілин на виході з корпусу шнека.

Недоліком конструктивної схеми роздавачів зі спускними рукавами (рис. 1.8) є розміщення бункера з кормом на верху кліткової батареї, що призводить до значного збільшення її габаритних розмірів по висоті, а також вимагає посилення каркаса всієї батареї.

1.3 Обґрунтування вибору конструктивно-технологічної схеми мобільного кормороздавача

На основі аналізу розглянутих вище конструкцій кормороздавачів розроблено конструктивно-технологічну схему роздавача, розрахованого на комбінований тип годівлі птиці при клітковому її утриманні з можливістю здійснення ним біологічно обґрунтованих режимів годівлі птиці, які виключають різні стресові ситуації (перегодовування, недогодівля) та непродуктивні витрати корму.

Кормороздавач, виконаний у вигляді самохідної конструкції (рис. 1.9) що переміщується з постійною швидкістю по поздовжнім напрямним, прокладеним по всій довжині каркаса батареї і складається з системи бункерів 1, змонтованих на загальній несучій рамі 2 П-образної форми з тросовим приводом 3, обладнаної колесами 4, встановленим у верхній частині рами 2 редуктором 5 привода вивантажувальних гвинтових робочих органів 6 (рис. 1.9) із зустрічним навиванням, установлених поздовжньо на дні бункерів 1. При цьому, на вихідних валах робочих органів 6 встановлені приводні зірочки 7, пов'язані за допомогою ланцюгових передач 8 через передаточні зірочки 9, встановлені на кронштейнах 10 по кутах рами 2, із зірочкою 11 редуктора 5

приводу.

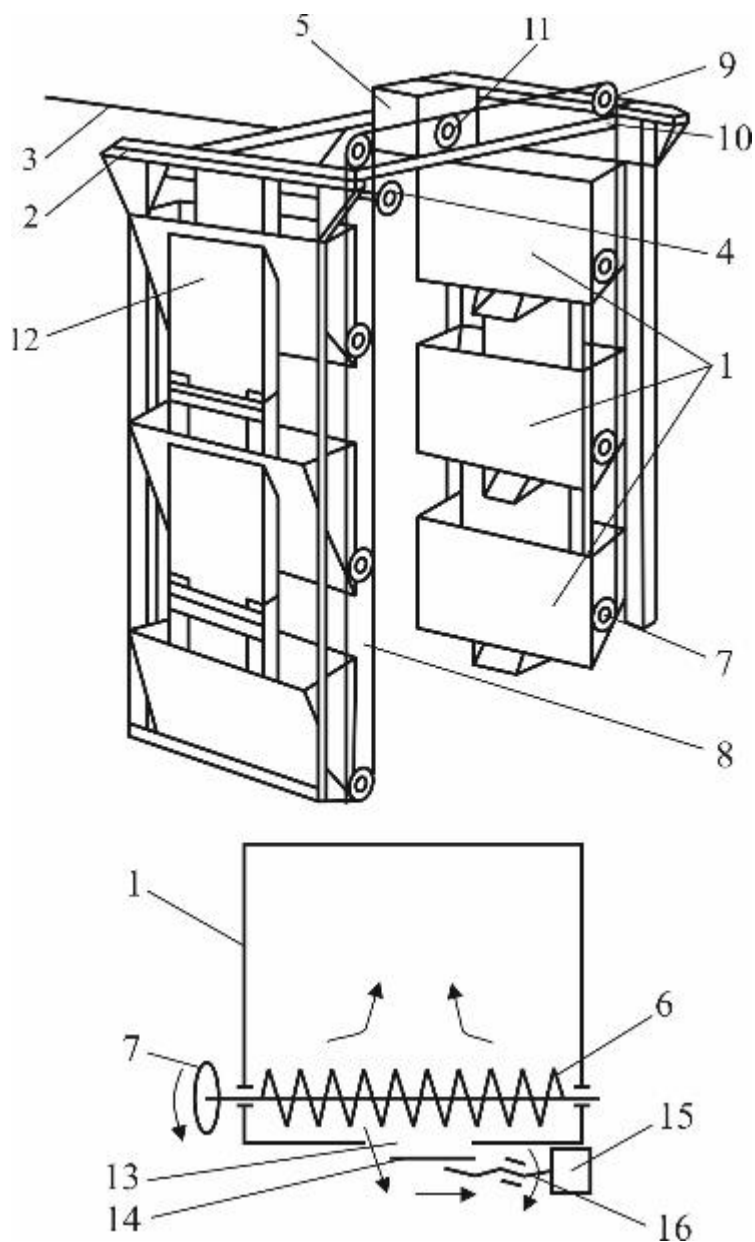


Рисунок 1.9 – Схема розробленого навісного бункерного роздавача:
а – загальний вигляд; б – схема бункера кормороздавача

Бункери 1 з'єднуються між собою за допомогою пересипного рукава 12, виконаного у вигляді вертикального короба прямокутного перерізу. Посередині дна кожного бункера 1 виконані випускні отвори 13, перекриті заслінками 14, встановленими паралельно осі робочих органів 6 із можливістю зворотно-поступального переміщення в горизонтальній площині і постачені керуючим механізмом 15 (можливе виконання його у вигляді електромагнітних муфт),

з'єднаного із зазначеними заслінками 14 за допомогою штоків 16. Нижні частини кожного з бункерів 1 постаченими спускними жолобами 17, встановленими під випускними отворами 13 бункерів 1 кормороздавача.

За рахунок використання П-образної рами роздавача, яка навішується на каркас кліткової батареї, та розташування випускних отворів по центру дна бункерів усуваються недоліки, властиві схемі роздавача КП-12Л, тому що при досягненні кінця батареї більша частина бункера не виходить в прохід між батареєю і стіною будівлі, що дозволяє ефективніше використовувати корисну площу пташника.

Відсутність контакту між годівницею батареї і спускними жолобами 17 (а) бункерів 1 вилучає можливість впливу на процес дозованої видачі корму, різних монтажних похибок і технічного стану батареї. При цьому в будь-яку точку кормового фронту надходить цілком однаковий по складу і структурі корм. Отже підвищується надійність всієї системи.

Дня переміщення роздавача вповдовж кліткової батареї використовується редуктор приводу транспортера для прибирання посліду, на вихідному валу якого встановлений шків для намотування троса 3 (рис. 1.11) зв'язаного з рамою 2 роздавача.

Оскільки гвинтові робочі органи 6 (рис. 1.11) виконані з зустрічно навитими витками, тому осьові зусилля на їх валах незначні. Внаслідок чого виникає потреба встановлення спеціальних підшипників та більш міцних стінок бункера. Крім цього, робочі органи, розташовані по всій довжині бункера, взаємодіють з кормом в усіх зонах бункера і впливають на стійкість і рівномірність процесу витікання корму з бункера шляхом безупинного та рівномірного переміщення кормосуміші в горизонтальній площині, формують стійкий потік корму над випускним отвором бункера.

Регулювання величини продуктивності роздавача окремо на кожному ярусі батареї відповідно до віку та продуктивної направленості птиці при комбінованому типі годівлі здійснюється зміною ступеня відкривання випускного отвору 13 (рис. 1.9) бункера 1 двома заслінками 14, встановленими

в дні бункера 1.

Враховуючи сказане вище, вирізи суміжних сторін заслінок 4 (рис. 1.10) виконані V-подібної форми та ідентичні двом стичним сторонам квадрата. При будь-кому положенні заслінок 4 (рис. 1.10) профіль випускного перерізу копіює профіль випускного отвору 3, тобто залишається незмінної квадратної форми безпосередньо в центрі дна бункера 1.

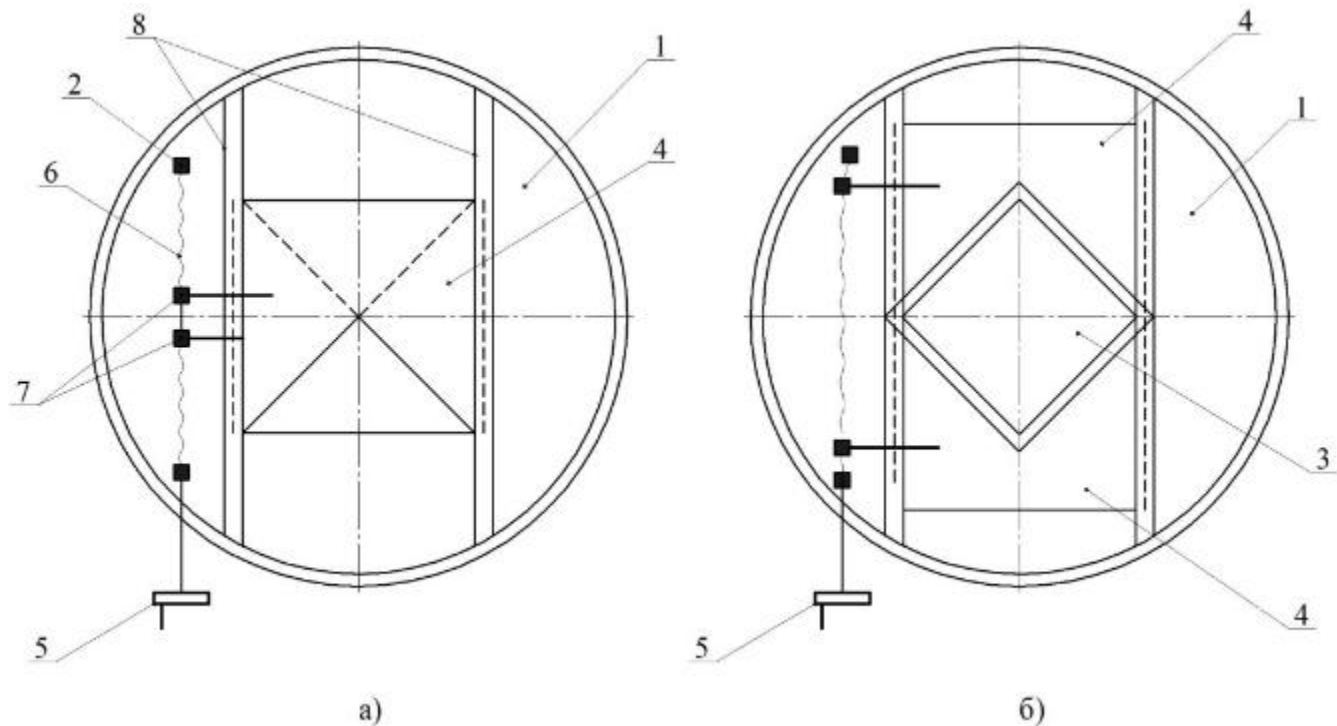


Рисунок 1.12 – Схема переміщення заслінок випускного отвору бункера (вид знизу): а – закрите положення; б – цілком відкритий отвір; 1 – рама; 2 – кронштейн; 3 – випускний отвір; 4 – заслінка; 5 – важіль; 6 – шток; 7 – кронштейн; 8 – направляюча

Така конструкція заслінок дозволяє поліпшити умови витікання сипкого корму з випускного отвору та підвищити якість дозування. Адже при встановленні в бункері роздавача однієї заслінки з пересуванням її вдовж осі робочого органу, при мінімальному відкриванні випускного отвору потік корму видає тільки одна частина робочого органу; обидві частини робочого органу починають працювати лише при повному відкриванні випускного отвору.

В результаті при неповному відкриванні отвору значно зростає

хвилеподібність видачі потоку корму і, як наслідок, збільшується похибка дозування.

Споживання корму молодняком птиці, починаючи з перших днів життя, у міру його зростання значно змінюється. Для курей-несучок промислового стада, добова норма корму є величиною достатньо стабільною протягом усього строку використання птиці. Зміну норми видачі корму тут можна робити у вузькому діапазоні з урахуванням характеристики кормів і стану птиці. Для цього достатньо трьох рівнів видачі корму, що відрізняються між собою на якусь визначену величину.

У розробленому роздавачі для проведення лабораторно - експериментальних досліджень та випробувань механізм приводу заслінок складається з гвинта (рис. 1.9), з лівою та правою різьбою, зв'язаного за допомогою тяг із заслінками, та встановленою на ньому рукояткою. На дні бункера, гвинт закріплений за допомогою скоб. Заслінки, встановлені одна над другою, здійснюють зворотно-поступальний рух по напрямних, встановлених на дні бункера 1.

Для автоматизації керування переміщенням заслінок можливі два варіанти здійснення приводу:

- встановлення електромагнітних муфт (рис. 1.9);
- встановлення гвинта, який приводиться в обертання електродвигуном.

Перший варіант, простіший і дешевший, може бути застосований при годівлі курей-несучок. Другий варіант застосовується при відгодівлі молодняку, оскільки дозволяє здійснити більш точне дозування та гнучкі програми годівлі.

Для налагодження електромагнітних муфт по положенню заслінок (ступеня відкриття), на корпусі дозатора (бункера) передбачена проградуйована шкала налагодження з покажчиками, які вказують з певною точністю на кількість виданого корму.

Кормороздавач працює так. Завантаження бункерів 1 (рис. 1.9) роздавача кормом, проводиться по узвичаєній для всіх роздавачів у пташниках схемі:

корм подається із зовнішнього бункера-сховища горизонтальними шнековими транспортерами, що проходять над переднім щитом батареї упоперек пташника. Бункери 1 роздавача заповнюються кормом послідовно, починаючи з першого (нижнього). При заповненні бункера 1 відбувається самозакриття кормом пересипного рукава 12, і він подається в наступний бункер 1 і так доти, поки не заповниться останній, верхній бункер 1, на якому встановлюється датчик рівня корму (рис. 1.11), що вимикає привод горизонтальних шнекових транспортерів.

Далі вмикається тросовий привод 3 переміщення кормороздавача вповдовж кліткової батареї та редуктор 5 приводу робочих органів 6. Зірочка 11, встановлена на вихідному валу редуктора 5, обертаючись, передає обертальний момент через ланцюгові передачі 8 і зв'язані з ними обертові передаточні зірочки 9, встановлені на кронштейнах 10 по кутах рами 2 приводним зірочкам 7, встановленим на вихідних валах робочих органів 6. Одночасно з початком обертання робочих органів 6 електромагнітні муфти 15 приводу заслінок 14 відкривають випускні отвори бункерів 1 кожного ярусу батареї на визначену величину за допомогою штоків 16. При цьому заслінка 14 під дією штока 16 здійснює поступальне переміщення в горизонтальній площині.

Витки робочих органів 6 при обертанні, захоплюють сипкий корм і транспортують його до центру бункера 1. По досягненні випускного отвору 13 бункера 1 з відкритою на визначену величину заслінкою 14 частина корму, що транспортується робочими органами 6, висипається з випускного отвору 13 бункера 1 і, потрапляючи на спускний жолоб, направляється в годівниці кліткової батареї. Частина корму, яка не висипалася з випускного отвору 13 бункера 1, через зустрічне навивання робочих органів 6 рухається нагору в бункері 1, проте зазор між робочими органами 6 і дном бункера 1 вилучає можливість заклинювання витків робочих органів 6 у зоні вивантаження корму.

Для врахування та зведення до мінімуму факторів що впливатимуть на процес дозованої видачі корму в годівниці кліткових батарей розробленим роздавачем, а також для обґрунтування вибору та розрахунку його

конструктивно-експлуатаційних параметрів необхідно зробити аналіз проведених раніше теоретичних і експериментальних досліджень в цьому напрямку.

1.4 Мета і завдання досліджень

Мета роботи полягає в обґрунтуванні та розробці оптимальної конструктивно-технологічної схеми і параметрів робочих органів, а також режимів роботи мобільного роздавача кормів, який забезпечить необхідну якість дозування та роздачі сухих і вологих кормосумішей в умовах клітково-батареїного утримання птиці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз стану питання та обґрунтувати раціональні способи годівлі і конструктивно-технологічну схему роздавача сухих кормосумішей для умов клітково-батареїного утримання птиці;
- розробити технологічні закономірності, на основі яких встановити вплив взаємозв'язків між конструктивно-технологічними і режимними параметрами робочих органів роздавача в цілому та фізико-механічними властивостями кормів на показники якості, технологічні, експлуатаційні й економічні показники процесів дозування та роздачі сухих кормосумішей в умовах обмеженої годівлі та клітково-батареїного утримання птиці;
- провести чисельне моделювання і з урахуванням теоретичних розробок обґрунтувати оптимальні конструктивно-технологічні та режимні параметри робочих органів мобільного роздавача кормів;
- розрахувати техніко-економічні показники запропонованого мобільного роздавача кормів.

1.5 Висновки з розділу

1. На основі проведеного аналізу існуючих типів, режимів і раціонів

годівлі птиці встановлено, що найбільш ефективним методом обмеженої годівлі є щодобове обмеження норми корму (по масі) від споживаного досхочу. Цей метод сприяє підвищенню живої ваги птиці на 2,3-6,2 %, зниженню витрат корму на 1 кг приросту на 0,8-6,9 %, поліпшенню м'ясних якостей птиці. Корм птиці ефективніше згодовувати у вигляді кормосумішей, приготовлених на основі сухого розсипного комбікорму з додаванням подрібненої зеленої маси у межах 20-30% (до ваги сухої частини раціону), що дозволяє збалансувати комбікорми за загальною поживністю, мікроелементами і вітамінами та за рахунок цього підвищити продуктивність птиці на 10-25 %.

2. Аналіз конструкцій кормороздавачів кліткових батарей показує, що вони розраховані на сухий тип годівлі птиці. Більшість із них складні в регулюванні дози корму і не передбачають її безступінчастої зміни. Нерівномірність дозування у різних моделей роздавачів становить $\pm 10,6-36,8$ %, втрати корму становлять 6-15 %. Проведений аналіз показує необхідність розробки мобільного роздавача для кліткової батареї розрахованого на комбінований тип годівлі птиці.

3. Розроблена конструкція роздавача, розрахована на комбінований тип годівлі птиці та уніфікована із серійним клітковим обладнанням; дозволяє плавно змінювати норму видачі корму, окремо на кожному ярусі батареї, враховуючи прийнятий раціон годівлі, кількість, біологічний стан і вік птиці, яка утримується на даному ярусі.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОБІЛЬНОГО КОРМОРОЗДАВАЧА

2.1 Аналіз процесу руху корму в бункері кормороздавача

Раніше встановлено, що основним технічним засобом для дозованої роздачі птиці сухих розсипних комбікормів і сумішей, приготовлених на їхній основі з додаванням подрібнених зелених і соковитих кормів, має бути мобільний навісний бункерний кормороздавач з кількістю бункерів за числом ярусів кліткової батареї, гвинтовими робочими органами та випускними отворами, що перекриваються рухомими заслінками, встановленими на дні кожного з бункерів роздавача. Причому гвинтові робочі органи мають зустрічне навівання і призначені для створення безперервного потоку корму над випускним отвором бункера.

Для ефективної роботи роздавача його конструктивно-технологічні та режимні параметри повинні бути взаємозв'язані з параметрами технологічного процесу дозованої роздачі кормів птиці, параметрами кліткових батарей і птахівничих приміщень і фізико-механічними властивостями кормів.

У зв'язку з цим розглянемо роботу такого роздавача на прикладі одного з його бункерів (рис. 2.1).

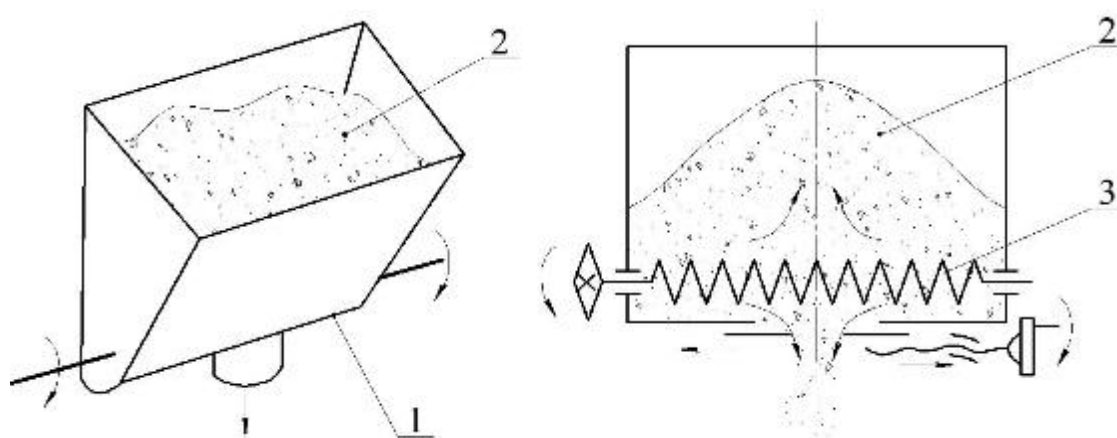


Рисунок 2.1 – Рух корму в бункері роздавача в процесі його дозованої видачі

В бункері 1 (рис. 2.1) можна виділити два положення витка робочого органу 3 при надходженні шару корму 2 в міжвитковий простір, перешкоджаючих і сприятливих забору корму, які за один оберт робочого органу міняються місцями (рис. 2.2).

При найнижчому положенні витка робочого органу (положення 0°) створюються сприятливі умови проникненню корму в міжвитковий простір робочого органу до того моменту, поки виток не займе вертикальне положення (180°). Внаслідок удару витка шнека об зустрічний потік корму напрямком векторів колової швидкості змінюється від колового до перпендикулярного (рис. 2.2). При подальшому повороті напрямком руху витка робочого органу і потоку корму збігаються і вільний рух потоку корму закінчується.

За рахунок збігу швидкостей потоку корму і витка робочого органу, відбувається зтягування та заповнення його витків кормом. Під дією робочого органу, що обертається, частинки корму підіймаються від дна бункера на визначену висоту, величина якої пов'язана з частотою обертання робочого органу. Частинки корму, що досягають випускного отвору, під дією сил маси змінюють напрямку руху і витікають з отвору, створюючи загальний потік з визначеною кінцевою швидкістю.

Оскільки гвинтовий робочий орган кормороздавача має зустрічне навівання, то в центрі бункера над випускним отвором в зоні останніх витків, відбувається виштовхування угору не вивантаженого корму з випускного отвору.

Сили тертя стиснутого корму, що виникають перед вивантаженням з бункера і виштовхуванням нагору, а також зусилля які затрачуються на стискання корму вимагають додаткових витрат енергії. Таким чином, через зустрічне навівання робочого органу, корм рухається не тільки між його витками, але й у всьому бункері, проте зазор між робочим органом і дном бункера, вилучає можливість заклинювання його витків у зоні вивантаження корму.

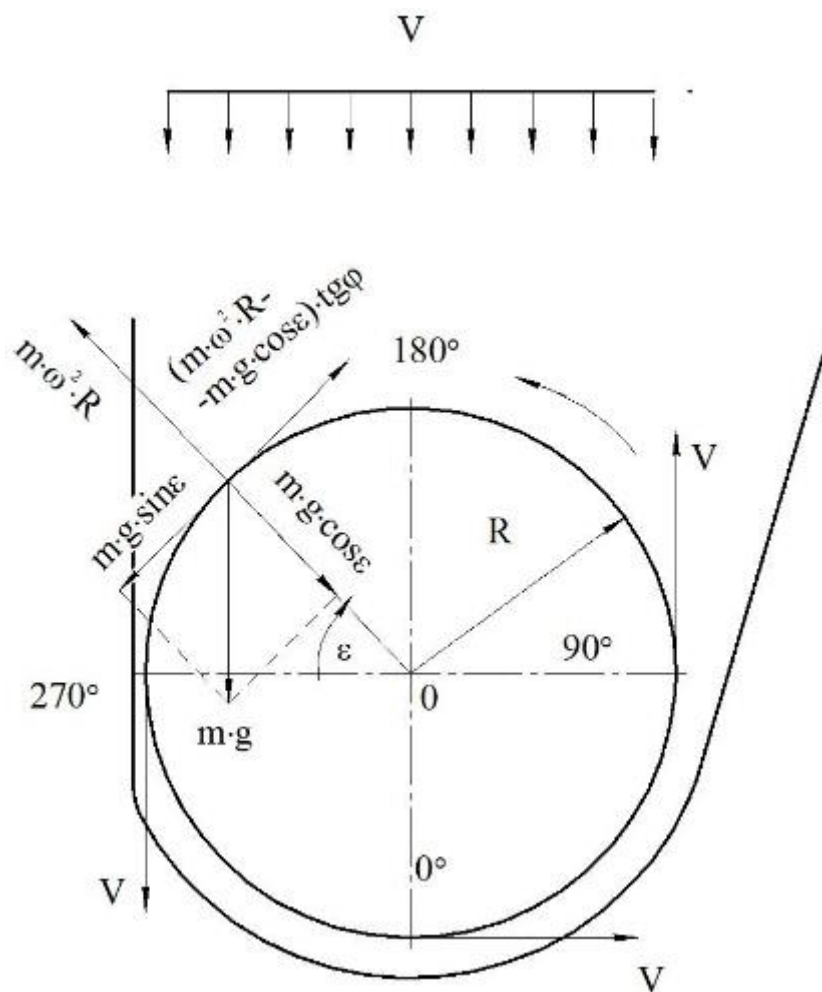


Рисунок 2.2 – Схема сил діючих на частинку корму

Вибором певних конструктивних параметрів робочих органів (крок навивання, частота обертання) можна впливати на протікання робочого процесу дозованої видачі корму. Але необґрунтований вибір указаних параметрів може призвести до погіршення заповнення витків робочого органу або до підвищення потрібної енергії.

Для вибору конструктивно-технологічних і режимних параметрів роздавача, за допомогою рівнянь рівноваги визначимо закон руху сипкого тіла при деякій схематизації процесу – рух матеріальної частки (елемента сипкого тіла) під впливом гвинтової поверхні робочого органу. Для цього розглянемо рівновагу елемента об'єму корму, що знаходиться під впливом гвинтового робочого органу (площини АС і А₁С₁), розгорнувши гвинтову поверхню робочого органу на площину (рис. 2.3).

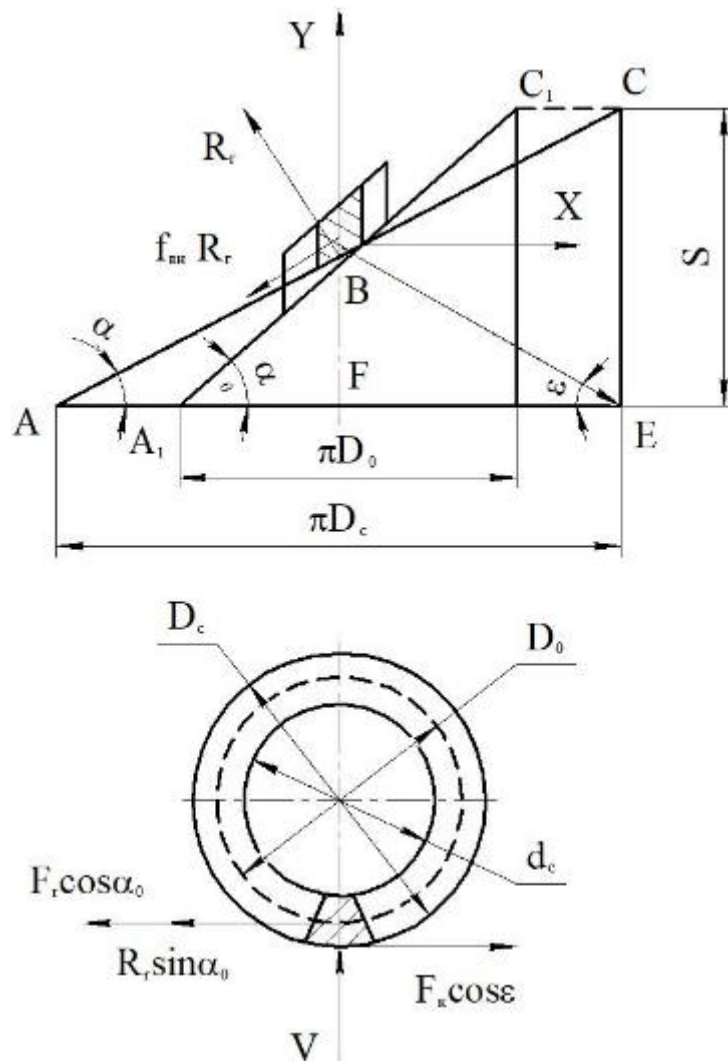


Рисунок 2.3 – Схема сил, прикладених до частинки сипкого тіла, що рухається по гвинтовій лінії

Схематично розгорнута гвинтова поверхня впишеться в кроковий трикутник ACE (рис. 2.3), що за один оберт робочого органу переміщається на довжину кола πD . AC – розгортка гвинтової лінії по найбільшому діаметру (рис. 2.3); A_1C_1 розгортка гвинтової лінії, по якій прикладені рівнодіючі реактивних сил робочого органу на кормовий матеріал. Через лінії AC і A_1C_1 проведемо вертикальні площини, що переміщуються відносно нерухомого сипкого середовища в напрямку обертання робочого органу.

До елемента об'єму корму прикладені такі сили (рис. 2.3):

R_r – реакція робочого органу, прикладена в центрі тиску;

F_r – сила тертя корму об поверхню робочого органу

$$F_r = R_r \cdot f_{zn}, \quad (2.1)$$

де $f_{вн}$ – коефіцієнт зовнішнього тертя;

F_k – сила тертя між кормом, що переміщується і навколишнім нерухомим середовищем – "кожухом", утвореним робочим органом усередині насипаного в бункер корму

$$F_k = T \cdot f_{вн}, \quad (2.2)$$

де T – сила тиску нерухомого сипкого середовища - "кожуха" на корм;

$f_{вн}$ – коефіцієнт внутрішнього тертя корму.

Через D_0 позначимо діаметр гвинтової лінії, на якій прикладені, рівнодіючі реактивних сил робочого органу на кормовий матеріал - лінія центрів тиску корму на робочий орган;

α – кут піднімання гвинтової лінії по зовнішній крайці робочого органу;

α_0 – кут піднімання гвинтової лінії центрів тиску корму;

ε – кут піднімання гвинтової лінії траєкторії руху корму в робочому органі.

Запишемо рівняння суми моментів усіх сил щодо робочого органу та суму проєкцій усіх сил на ту ж вісь при сталому русі з умови рівноваги

$$\sum x = 0; R_z \cdot f_{вн} \cdot \cos \alpha_0 \cdot \frac{D_0}{2} + R_z \cdot \sin \alpha_0 \cdot \frac{D_0}{2} - T \cdot f_{вн} \cdot \cos \varepsilon \cdot D_c = 0, \quad (2.3)$$

$$\sum y = 0; R_z \cdot \cos \alpha_0 - R_z \cdot f_{вн} \cdot \sin \alpha_0 - T \cdot f_{вн} \cdot \cos \varepsilon = 0. \quad (2.4)$$

З рівняння (2.4) одержимо вираз для визначення реакції робочого органа

$$R_z = \frac{T \cdot f_{вн} \cdot \cos \varepsilon}{\delta \cdot (\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 \cdot f_{вн})}. \quad (2.5)$$

Відношення D_0/D_c позначимо через δ , тобто: $\delta = D_0/D_c$. Вирішуючи спільно рівняння (2.4) і (2.5), знаходимо вираз для визначення кута піднімання траєкторії гвинтової лінії зовнішньої частки сипкого тіла

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\cos \alpha_0 - f_{вн} \cdot \sin \alpha_0}{\delta \cdot (\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 \cdot f_{вн})}. \quad (2.6)$$

З рівняння (2.6) випливає, що закон руху сипкого тіла, що транспортується залежить від конструктивних параметрів робочого органу, коефіцієнтів тертя корму об поверхню робочого органу, і не залежить від величини тиску сипкого середовища, тобто висоти шару корму над робочим органом. Даний висновок

підтверджується дослідженнями проведеними Кікансом І.О. і Путансом Х.Є. – висота шару корму в бункері роздавача, що змінюється в межах 0,25-1,0 м, не впливає на режимні параметри роздавача.

Із рис. 2.3 випливає, що за один оберт робочого органу поступальне переміщення сипкого матеріалу, що транспортується, дорівнює $S - K_v$, коефіцієнт K_v дорівнює відношенню поступального переміщення матеріалу за один оберт робочого органу BF до кроку його навивання S

$$K_v = \frac{BF}{S}. \quad (2.7)$$

Після перетворень одержуємо

$$K_v = \frac{tg\varepsilon}{tg\alpha + tg\varepsilon}. \quad (2.8)$$

Коефіцієнт K_v відображає зменшення поступальної швидкості матеріалу за рахунок обертання його разом із гвинтом: при такому режимі роботи за один оберт гвинта поступальне переміщення сипкого матеріалу менше величини кроку навивання робочого органу.

Для відображення зменшення рівня корму в бункері роздавача по мірі його видачі, у формулу (1.8) необхідно ввести коефіцієнт $K_v = 0,5$. На підставі викладеного вище продуктивність горизонтального робочого органу із зустрічним навиванням, що працює в глибині сипкого середовища на дні бункера, з урахуванням формули (1.8), визначимо з виразу

$$Q_p = 2 \cdot \left(40 \cdot \frac{\pi \cdot D_c^2}{4} \cdot S \cdot \rho \cdot n \cdot \frac{tg\varepsilon}{tg\alpha + tg\varepsilon} \cdot 0,5 \right), \quad (2.9)$$

де D_c – зовнішній діаметр робочого органу;

S – крок навивки;

ρ – щільність корму;

n – частота обертання.

Після перетворень математичний вираз (2.9) прийме кінцевий вигляд

$$Q_p = 31,416 D_c^2 \cdot S \cdot \rho \cdot n \cdot K_v. \quad (2.10)$$

Таким чином, продуктивність горизонтального робочого органу із

зустрічною навивкою, що визначається за формулою (2.10), дозволяє враховувати конструктивні параметри, величини коефіцієнтів тертя, поступального і обертального рухів часток сипкого матеріалу по поверхнях робочого органу.

2.2 Роздача кормосуміші

Як уже відзначалося раніше, забезпечення безупинної стабільної роботи мобільного кормороздавача, з одночасним дотриманням зоотехнічних вимог щодо видачі корму буде лише тоді, коли продуктивність робочого органу $Q_{\text{роб.орг.}}$, який створює безупинний потік корму над випускним отвором бункера роздавача (рис. 2.1), буде більшою або рівною пропускній спроможності випускного отвору бункера $Q_{\text{вит.}}$. В свою чергу, продуктивність випускного отвору бункера повинна дорівнювати продуктивності кормороздавача $Q_{\text{корм.}}$, а отже, повинні виконуватися наступні умови

$$Q_{\text{корм.}} = Q_{\text{вит.}} \leq Q_{\text{роб.орг.}}, \quad (2.11)$$

$Q_{\text{корм.}}$ – продуктивність кормороздавача відповідно до зоотехнічних вимог щодо разової видачі корму i -ої кількості птиці;

$Q_{\text{вит.}}$ – продуктивність випускного отвору бункера кормороздавача;

$Q_{\text{роб.орг.}}$ – продуктивність робочого органу.

Причому максимальна продуктивність робочого органу $Q_{\text{роб.орг.}}$ повинна дорівнювати $Q_{\text{вит.}}$ лише при повному відкритті випускного отвору бункера, тобто при максимальній продуктивності роздавача.

В цілому продуктивність кормороздавача можна визначити за формулою

$$Q_{\text{корм.}} = \frac{\sum_{i=1}^U m_{pi} \cdot M_i}{t_p}, \quad (2.12)$$

де m_{pi} – норма разової видачі корму птиці i -ої групи;

M_i – поголів'я птиці i -ої групи;

t_p – тривалість циклу роздачі корму.

$$t_p \leq t_d. \quad (2.13)$$

де t_d – дозволена зоотехнічними вимогами тривалість циклу роздачі корму.

$$t_p \leq \frac{L_{год}}{V_p}, \quad (2.14)$$

де $L_{год}$ – довжина годівниці кліткової батареї;

V_p – швидкість руху кормороздавача вповдовж батареї.

Підставивши значення математичного виразу (2.14) в математичний вираз (2.12), одержуємо

$$Q_{корм} = \frac{\sum_{i=1}^U m_{pi} \cdot M_i \cdot V_p}{L_{год}}, \quad (2.15)$$

Продуктивність випускного отвору бункера кормороздавача визначимо, узявши за основу формулу (1.11), увівши в неї коефіцієнт перекривання випускного отвору бункера роздавача робочим органом

$$Q_{вит} = \mu \cdot K_{от} \cdot K_{пр} \cdot F_{от} \cdot \lambda_3 \cdot \sqrt{2} \cdot d \cdot h, \quad (2.16)$$

де $K_{пр}$ – коефіцієнт перекривання випускного отвору бункера роздавача робочим органом, визначається за формулою

$$K_{пр} = 1 - \frac{d_{пр}}{S \cdot \cos \alpha}, \quad (2.17)$$

де $d_{пр}$ – діаметр дроту спіралі.

З урахуванням того, що продуктивність випускного отвору бункера одного ярусу повинна дорівнювати продуктивності кормороздавача, то прирівнявши праві частини виразів (2.15) і (2.16), одержимо математичну модель видачі корму з бункера роздавача на одному ярусі кліткової батареї

$$\frac{\sum_{i=1}^U m_{pi} \cdot M_i \cdot V_p}{L_{год}} = \mu \cdot K_{от} \cdot K_{пр} \cdot F_{от} \cdot \lambda_3 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}, \quad (2.18)$$

де μ – коефіцієнт витікання;

$K_{от}$ – коефіцієнт, що враховує форму отвору;

$F_{от}$ – площа отвору витікання;

λ_3 – коефіцієнт запасу, $\lambda_3 = 0,2-0,65$;

g – прискорення вільного падіння;

h – висота стовпа сипкого матеріалу.

Одержана математична модель пов'язує конструктивно-технологічні параметри випускного отвору бункера роздавача з параметрами технологічного процесу видачі корму і фізико-механічними властивостями кормів.

З математичного виразу (2.18) отримуємо рівняння для визначення необхідної площі випускного отвору бункера (за умови максимально необхідної продуктивності кормороздавача)

$$F_{om} = \frac{\sum_{i=1}^U m_{pi} \cdot M_i \cdot V_p}{L_{zod} \cdot \mu \cdot K_{om} \cdot K_{np} \cdot F_{om} \cdot \lambda_3 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}}, \quad (2.19)$$

На основі математичного виразу (2.11) можна прирівняти праві частини виразів (2.15) і (2.10):

$$F_{om} = \frac{\sum_{i=1}^U m_{pi} \cdot M_i \cdot V_p}{L_{zod}} = 31,416 \cdot D_c^2 \cdot S \cdot \rho \cdot n \cdot K_v. \quad (2.20)$$

Математичний вираз (2.20) пов'язує конструктивні параметри робочого органу роздавача з параметрами технологічного процесу видачі корму і його фізико-механічними властивостями. З виразу (2.20) можна отримати рівняння для визначення необхідної частоти обертання робочого органу

$$n = \frac{\sum_{i=1}^U m_{pi} \cdot M_i \cdot V_p}{L_{zod} \cdot 31,416 \cdot D_c^2 \cdot S \cdot \rho \cdot K_v}. \quad (2.21)$$

Значення коефіцієнтів μ , $K_{от}$, $K_{пр}$, τ_0 , ρ які входять в рівняння (2.16)-(2.21), приймаються з довідкових даних або визначаються експериментальним шляхом.

2.3 Витрати енергії на привід робочих органів кормороздавача

Як уже було вказано, одним із головних технологічних параметрів роздавача є енергоємність процесу дозованої видачі корму з необхідною точністю. В свою чергу енергоємність процесу видачі корму залежить від

конструктивно- технологічних і режимних параметрів роздавача в цілому та його гвинтових робочих органів зокрема, а також від фізико-механічних властивостей корму.

Визначення витрат енергії на привод проведемо для одного горизонтального спірального-гвинтового, робочого органу, який працює на дні бункера під шаром корму. Аналіз конструктивної схеми (рис. 2.1) показує, що витрати енергії $N_{p.o.}$ на видачу корму складаються з:

- витрат на тертя сипкого корму, що транспортується, об його нерухомі верхні шари $N_{н.к.}$;
- витрат на тертя сипкого корму об фронтальну площину витка робочого органу $N_{т.г.}$;
- витрат на тертя та циркуляцію сипкого корму всередині робочого органу $N_{в.т.}$;
- витрат на тертя сипкого корму об тильну сторону робочого органу $N_{т.к.}$;
- витрат енергії на виштовхування не вивантаженого корму в верхню частину бункера $N_{в.в.}$.

$$N_{p.o.} = (N_{н.к.} + N_{т.г.} + N_{в.т.} + N_{т.к.}) \cdot 2 + N_{в.в.} \quad (2.22)$$

Величину енергії на тертя сипкого корму, що транспортується, об фронтальну сторону робочого органу знаходимо по формулі

$$N_{m.z.} = \frac{R_z \cdot f_{в.н.} \cdot V_{к.г.}}{102} \quad (2.23)$$

де $N_{к.г.}$ – швидкість корму відносно витків робочого органу по лінії прикладення елементарних рівнодіючих реакцій витків.

Величину швидкості $V_{к.г.}$ можна визначити, виходячи зі схеми (рис. 2.3).

Зовнішня частка сипкого тіла за один оберт робочого органу переміщається від точки А до точки В.

Швидкість цієї частки відносно робочого органу

$$V = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n \cdot \operatorname{tg} \varepsilon}{60 \cdot \cos \alpha \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \varepsilon)} \quad (2.24)$$

На лінії центрів тиску частка корму буде мати швидкість

$$V_{к.з.} = \frac{\delta \cdot \pi \cdot D_c \cdot n \cdot \operatorname{tg} \varepsilon}{60 \cdot \cos \alpha_0 \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \varepsilon)}. \quad (2.25)$$

Нормальну силу, прикладену до поверхні сипкого тіла що транспортується, можна обчислити за рівнянням

$$T = \pi \cdot D_c \cdot L_r \cdot \rho \cdot H_k \cdot \kappa_6, \quad (2.26)$$

де L_r – довжина одnobічного навивання (ліве або праве) робочого органу;

H_k – висота шару корму над робочим органом;

κ_6 – коефіцієнт бічного тиску сипкого середовища, знайдемо по формулі
Зенкова Р.Л.

$$\kappa_6 = 1 + 2 \cdot f_{em}^2 - 2 \cdot f_{em} \sqrt{1 + f_{em}^2}. \quad (2.27)$$

Підставивши рівняння (2.5), (2.25), (2.26) у формулу (2.23), одержимо

$$N_{м.з.} = \frac{\pi^2 \cdot D_c \cdot L_z \cdot n \cdot \rho \cdot H_k \cdot f_{вн} \cdot f_{em} \cdot \cos \varepsilon \cdot 10^3}{102 \cdot 60 \cdot (\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 \cdot f_{вн}) \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \varepsilon) \cdot \cos \alpha_0}. \quad (2.28)$$

Після перетворення рівняння (2.28) приймає вигляд

$$N_{м.з.} = \frac{4 \cdot Q_p \cdot \pi^2 \cdot L_z \cdot H_k \cdot f_{вн} \cdot f_{em} \cdot \cos \varepsilon}{367 \cdot S \cdot (\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 \cdot f_{вн}) \cdot \cos \alpha_0}. \quad (2.29)$$

Витрати енергії на роботу тертя корму що транспортується, об нерухоме сипке середовище визначимо за формулою

$$N_{н.к.} = \frac{T \cdot f_{em} \cdot V_{к.н.}}{102}, \quad (2.30)$$

де $V_{к.н.}$ – абсолютна швидкість руху сипкого корму щодо нерухомого середовища.

Виходячи з рис. 2.3, одержуємо

$$V_{к.н.} = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n \cdot \operatorname{tg} \alpha}{60 \cdot \cos \varepsilon \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \varepsilon)}. \quad (2.31)$$

Тоді витрати енергії на роботу тертя корму $N_{н.к.}$

$$N_{н.к.} = \frac{\pi^2 \cdot D_c^2 \cdot L_z \cdot \rho \cdot H_k \cdot n \cdot f_{em} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot 10^3}{103 \cdot 60 \cdot \cos \varepsilon \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \varepsilon)}. \quad (2.32)$$

Після перетворень, одержимо вираз у кінцевому вигляді

$$N_{н.к.} = \frac{Q_p \cdot L_z \cdot 4 \cdot H_k \cdot n \cdot f_{вн}}{367 \cdot \sin \varepsilon \cdot D_c} \quad (2.33)$$

Швидкість сипкого корму, що транспортується, відносно осі робочого органа можна визначити по математичному виразу, аналогічному (2.25)

$$V_{в.о.} = \frac{\pi \cdot d_c \cdot L_z \cdot n \cdot \operatorname{tg} \varepsilon}{60 \cdot \cos \alpha_1 \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \varepsilon)} \quad (2.34)$$

де d_c – внутрішній діаметр спірально-гвинтового робочого органа;

α_1 – кут піднімання гвинтової лінії робочого органа, що стикається з валом

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{S}{\pi \cdot d_c} \quad (2.35)$$

Тоді енергія, що витрачається на тертя і циркуляцію корму всередині робочого органа, можна визначити з рівняння

$$N_{в.м.} = \frac{\pi^2 \cdot d_c^2 \cdot L_z \cdot \rho \cdot H_k \cdot n \cdot f_{вн} \cdot \operatorname{tg} \varepsilon \cdot 10^3}{102 \cdot 60 \cdot \cos \alpha_1 \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \varepsilon)} \quad (2.36)$$

$$N_{в.м.} = \frac{Q_p \cdot L_z \cdot 4 \cdot H_k \cdot d_c \cdot f_{вн}}{367 \cdot D_c^2 \cdot \sin \alpha_1} \quad (2.36)$$

При обертанні робочого органа (рис. 2.1) сипкий корм, що рухається, по всій довжині кроку стикається з навколишнім сипким середовищем, тому порожнечі, що утворюються в результаті деформації корму, заповнюються за рахунок надходження матеріалу з навколишнього сипкого середовища.

Тиск нерухомого сипкого корму, розташованого у верхній частині бункера над робочим органом (рис. 2.3), передається і на тильну площину витків робочого органа. Величину цього тиску визначимо з виразу

$$P = \rho \cdot H_k \cdot \kappa_6 \quad (2.38)$$

Тильну поверхню витків робочого органа визначимо як площу трапеції, основами якої служать довжини гвинтових ліній по зовнішньому і внутрішньому діаметрах, а висотою - ширина витка робочого органа. Тоді сили тиску сипкого середовища на тильну поверхню витків робочого органа, з урахуванням (2.25)

$$T = \frac{(\sin \alpha + \sin \alpha_1) \cdot (D_c - d_c) \cdot L_z \cdot \rho \cdot H_k \cdot n \cdot \kappa_6}{4 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \alpha_1} \quad (2.39)$$

Швидкість сипкого тіла відносно витків робочого органа визначимо з

урахуванням виразу (2.24)

$$V_{к.з.} = \frac{\delta_2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot D_c \cdot n \cdot tg \varepsilon}{60 \cdot \cos \alpha_1 \cdot (tg \alpha + tg \varepsilon)}. \quad (2.40)$$

де $\delta_2 = D_2/D$, D_2 – діаметр центрів тиску сипкого середовища на тильну поверхню витків робочого органу;

α_2 – кут піднімання гвинтової лінії центрів тиску.

Якщо вважати, що положення центрів тиску співпадає з центром маси елементарного сектора витка робочого органу, то величину δ_2 можна вважати рівною $2/3$.

Витрати енергії на тертя тильної поверхні витка робочого органу об сипкий корм за аналогією з попереднім знаходимо з виразу

$$N_{м.к.} = \frac{\pi \cdot D_c \cdot L_2 \cdot \rho \cdot H_k \cdot \kappa_{\delta} \cdot n \cdot f_{вн} \cdot tg \varepsilon \cdot (\sin \alpha + \sin \alpha_1) \cdot (D_c - d_c) \cdot 10^3}{102 \cdot 4 \cdot 60 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2 \cdot (tg \alpha + tg \varepsilon)}. \quad (2.41)$$

Після перетворень одержимо

$$N_{м.к.} = \frac{Q_p \cdot L_2 \cdot \delta_2 \cdot H_k \cdot \kappa_{\delta} \cdot f_{вн} \cdot (\sin \alpha + \sin \alpha_1) \cdot (D_c - d_c)}{367 \cdot D_c \cdot S \cdot \sin \alpha \cdot \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2}. \quad (2.42)$$

Для визначення енергозатрат на виштовхування не вивантаженого корму в верхню частину бункера скористаємося формулою Максименко В.А.

$$N_{в.в.} = \frac{(D_c^2 - d_c^2)}{S} \cdot L_b \cdot H_k \cdot \rho. \quad (2.43)$$

де L_b – довжина дільниці виштовхування корму:

$$L_b = 2 \cdot S. \quad (2.44)$$

Для спрощення розрахунків уведемо безрозмірний коефіцієнт λ :

$$\lambda = \frac{4 \cdot \pi \cdot H_k \cdot f_{вн} \cdot f_{вм} \cdot \cos \varepsilon}{S \cdot (\sin \alpha_0 + f_{вн} \cdot \cos \alpha_0) \cdot \cos \alpha_0} + \frac{4 \cdot H_k \cdot f_{вм}}{D_c \cdot \sin \varepsilon} + \frac{4 \cdot H_k \cdot d_c \cdot f_{вн}}{D_c^2 \cdot \sin \alpha_1} + \frac{\delta_2 \cdot \kappa_{\delta} \cdot H_k \cdot f_{вн} \cdot (\sin \alpha \cdot \sin \alpha_1) \cdot (D_c - d_c)}{D_c \cdot S \cdot \cos \alpha_2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \alpha_1}. \quad (2.45)$$

2.4 Висновки з розділу

1. У результаті проведених теоретичних досліджень встановлено, що забезпечення безупинної стабільної роботи мобільного кормороздавача, з

одночасним дотриманням зоотехнічних вимог щодо видачі корму, можливе лише тоді, коли продуктивність робочого органу $Q_{\text{роб.орг}}$, який створює безупинний потік корму над випускним отвором бункера роздавача, буде більшою або дорівнювати пропускній спроможності випускного отвору бункера (продуктивності витікання) $Q_{\text{вит}}$, у свою чергу, продуктивність випускного отвору бункера повинна дорівнювати продуктивності кормороздавача $Q_{\text{корм}}$, тобто $Q_{\text{корм}} = Q_{\text{вит}} \leq Q_{\text{роб.орг}}$

2. Розроблені математичні моделі процесів видачі корму роздавачем пов'язують конструктивно-технологічні параметри і режими роботи кормороздавача в цілому та випускних отворів бункера (2.18) і гвинтових робочих органів (2.20) зокрема з параметрами технологічних процесів дозованої видачі корму, а також його фізико-механічними характеристиками.

3. Одержана формула (2.10), для визначення продуктивності горизонтального робочого органу із зустрічним навиванням, що працює в глибині сипкого середовища на дні бункера, дозволяє враховувати конструктивні параметри, величини коефіцієнтів тертя, поступального і обертального рухів часток сипкого матеріалу по поверхнях робочого органу.

4. Одержане рівняння (2.19) дає змогу визначити необхідну площу випускного отвору бункера (за умови максимально необхідної продуктивності кормороздавача).

5. Визначений взаємозв'язок конструктивних і технологічних параметрів роздавача з частотою обертання його робочих органів, в повній мірі описуваний рівнянням (2.21).

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ

3.1 Методика та устаткування для проведення досліджень

При проектуванні та експлуатації кормороздавачів необхідно враховувати всю різноманітність властивостей кормів, що роздаються ним. Без цього неможливо науково обґрунтовано підійти до питання вибору оптимальних конструктивних параметрів і технологічних режимів роботи кормороздавача. Особливо важливо при цьому виділити основні властивості сипкого корму, що визначають умови його дозованої видачі. Такими фізико-механічними властивостями корму є вологість, насипна щільність, гранулометричний склад і коефіцієнти тертя по різних поверхнях.

Нами досліджувалися фізико-механічні властивості кормів, які широко розповсюджені при годівлі птиці на птахофабриках Центру України. Це сухі розсипні та гранульовані корми (табл. 3.1), приготовлені за різними рецептами відповідно до ГОСТ 18 221-90 і двокомпонентні кормосуміші, приготовлені на основі сухого розсипного комбікорму з додаванням подрібненої зеленої маси згідно зоотехнічних норм годівлі та раціонів для сільськогосподарської птиці.

Відбір проб корму із загальної маси, визначення насипної щільності, гранулометричного складу і вологості кормів проводили за стандартними методиками.

Коефіцієнти тертя кормів визначали на приладі, конструкція та принцип дії якого аналогічні приладу В.Г. Коби за винятком двох конструктивних відмінностей: показання реєструвалися самописцем НЗ20-5 а швидкість руху візка змінювалась від 0,05 до 0,2 м/с, з інтервалом 0,05 м/с за рахунок застосування ведучих шківів з діаметрами 26; 64; 96 і 128 мм. Прилад складається з короба 2 (рис. 3.1), нерухомого направляючого столу 10, рухомого візка 3, рами 8 і приводу 12.

Таблиця 3.1 – Склад і відсоткове співвідношення компонентів в досліджуваних кормах

№ п/п	Вид корму	Компоненти
1	Комбікорм розсипний	ГОСТ 18 221-82
2	Комбікорм гранульований, діаметр гранул 3 мм	ГОСТ 18 221 - 82
3	Зернова суміш	Пшениця (35%), кукурудза (40%), просо (15%), горох (10%)
4	Комбінований силос	Морква червона (30%), картопля (40%), отава багаторічних трав (20%), трав'яне борошно (10%)
5	Подрібнена люцерна	-
6	Кормосуміш №1	5% люцерни + 95% розсипного комбікорму
7	Кормосуміш №2	10% люцерни + 90% розсипного комбікорму
8	Кормосуміш №3	15% люцерни + 85% розсипного комбікорму
9	Кормосуміш №4	20% люцерни + 80% розсипного комбікорму
10	Кормосуміш №5	25% люцерни + 75% розсипною комбікорму
11	Кормосуміш №6	30% люцерни + 70% розсипною комбікорму

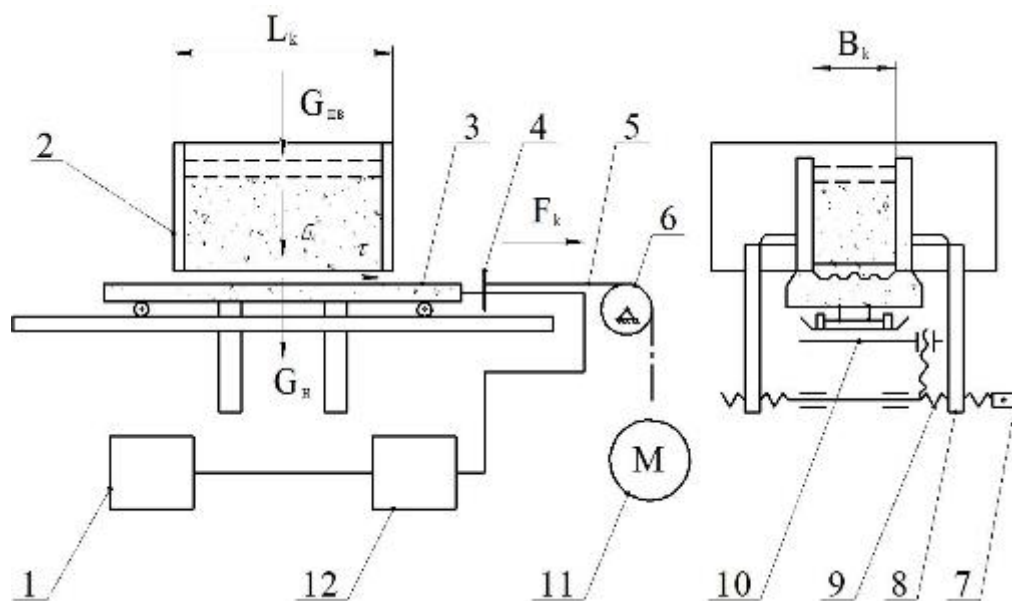


Рисунок 3.1 – Принципова схема приладу для визначення коефіцієнтів тертя кормів

До складу приводу входять однофазний електродвигун із черв'ячним редуктором ЕП-93, ведучий шків, регулятор напруги РНО-250, конденсатор КБТ-МН. Рух візка 3 (рис. 3.1) здійснюється за допомогою троса 5, перекинута через напрямний шків 6; трос намотується на ведучий шків вала приводу 11. До візка 3, трос 5 прикріплюється через тензометричну ланку 4 (пружна пластина з наклеєними тензодатчиками опору типу ПВ-30300А). Тензометрична ланка 4

з'єднується по напівмостовій схемі з підсилювачем (8-АНЧ-7М) 12 і самописцем 1. Необхідний тиск на корм створювали установкою змінних вантажів на притискній пластині.

Порядок роботи приладу для визначення коефіцієнтів тертя кормів такий. Вмикається і прогрівається апаратура, здійснюється тарування тензоланки в трикратній кратній повторності при статичному навантаженні підвішуванням вантажів на гнучку нитку безпосередньо на приладі. Для кожної ступені навантаження обчислювалося середнє арифметичне відхилення променя гальванометра в осцилограмі. По середніх арифметичних відхиленнях будувався тарувальний графік. Отримані графіки використовувалися при обробці осцилограм. Для визначення коефіцієнтів зовнішнього тертя у днище візка 3 (рис. 3.1) встановлювалася пластина з матеріалу, по якому потрібно визначити коефіцієнт тертя. Між поверхнею пластини досліджуваного матеріалу і дном короба 2 встановлювали зазор 3 мм за допомогою регульовального гвинта 9. Зазор перевірявся каліброваними пластинами, горизонтальність третьових поверхонь контролювалася за допомогою рівня. Контакт поверхонь не допускається. Спочатку реєстрували показання тензодатчика при холостому ході візка. Потім візок повертали у вихідне становище. В короб 2 завантажували і розрівнювали корм заздалегідь відомої маси G_k . Встановлювали притискну пластину з вантажем сумарною масою $G_{\text{шт}}$ (загальна маса заздалегідь відома). Вмикали підготовлену вимірювальну апаратуру і привод візка. Зусилля переміщення візка вимірювалися тензометричною ланкою 4. У крайньому положенні візок зупинявся кінцевим вимикачем.

Для визначення коефіцієнтів внутрішнього тертя корпус візка 3 і короб 2 заповнювали кормом, на який встановлювали притискну пластину з вантажем. Горизонтальна сила F_k (рис. 3.1), прикладена в площині руху (площина зіткнення досліджуваного корму в корпусі візка 3 і коробі 2), перемагає силу тертя, що з'являється в тій самій площині (від загальної маси корму в ящику і пластини з вантажем). Сила F_k – визначає силу зчеплення частинок корму і характеризується коефіцієнтом внутрішнього тертя.

Коефіцієнти тертя визначали за формулою

$$f = \frac{\tau}{\sigma}, \quad (3.1)$$

де τ – дотичне напруження зсуву, Па;

σ – нормальна стискальна напруга, Па.

Дотичну та нормальну напруги визначали за формулами

$$\tau = \frac{F_k - F_{x.x.}}{S_k}, \quad (3.2)$$

$$\sigma = \frac{(G_{пв} + G_k)}{S_k} \cdot g, \quad (3.3)$$

де F_k – зусилля, необхідне для зрушення завантаженого візка, Н;

$F_{x.x.}$ – значення зусилля холостого ходу, Н;

$G_{пв}$ – маса пластини з вантажем, кг;

G_k – маса кормосуміші, кг;

S_k – площа геометричного контакту корму з поверхнею тертя;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Визначення кутів природного укусу кормів проводили на спеціальному приладі. Він складається з короба (рис. 3.2), прямокутної форми, який виготовлено з органічного скла. Всередині короб розділений рухомим конусом, виконаним у вигляді двох пластин, які впритул примикають до бічних стінок короба. Розмір пропускної щілини між пластинами конуса, встановлювали гвинтовими тягами і стягуючим гвинтом. У конус засипали досліджуваний корм. При розсуванні пластин, корм висипається в нижню частину короба на плиту і розташовується на ній під кутом природнього укусу.

Кути укусу замірялися за допомогою кутоміра.

Створення фізичної моделі лабораторної установки у вигляді фрагмента мобільного бункерного роздавача кліткової батареї, проводилося шляхом її проектування, виготовлення та перевірки працездатності. Технічне завдання на модель розроблялося згідно ГОСТ 15.001-86, а також рекомендацій Р50-601-10-69, Р50-601-12-89 і проведеного аналізу конструкцій. Технічна документація розроблялася згідно технічного завдання. Виготовлення моделі лабораторної

установки проводили силами лабораторії згідно розроблених креслень.



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд приладу для визначення кутів укосу сипучих кормів

Бункер, установлений на рамі зі стійками, має конфігурацію переверненого прямокутного трикутника і складається з трьох вертикальних і однієї похилої стінок.

Кут нахилу похилої стінки бункера змінюється від 0° до 30° . У нижній частині бункера розміщене фланцеве з'єднання для кріплення змінних випускних отворів із приводом для регулювання площі відкриття.

Для порівняння характеру процесу витікання сипких кормів різних видів з бункера через отвори різної форми виготовлені змінні випускні отвори квадратної і круглої форми.

3.2 Результати фізико-механічних властивостей кормів для птиці

Як уже відзначалося, на сьогоднішній день сухі розсипні та гранульовані комбікорми для птиці досліджені достатньо. Тому основну увагу приділено дослідженню фізико-механічних властивостей двокомпонентних кормосумішей, приготовлених на основі сухого розсипного комбікорму (вологістю 12,6 %) з додаванням подрібненої люцерни (вологістю 76,4 %).

Результати досліджень коефіцієнтів зовнішнього тертя суміші комбікорму з подрібненою люцерною по сталі, в залежності від кількості добавленої люцерни і величини навантаження приведені в табл. 3.2, графічно результати представлені на рис. 3.4 і рис. 3.4.

Таблиця 3.2 – Зміна коефіцієнтів зовнішнього тертя суміші комбікорму з подрібненою люцерною по сталі в залежності від кількості добавленої люцерни і величини навантаження

Додавання люцерни до комбікорму, %	Коефіцієнт тертя при масі вантажу, кг					
	2	4	6	8	10	12
5	0,52	0,54	0,57	0,58	0,62	0,65
10	0,54	0,57	0,58	0,60	0,64	0,68
15	0,55	0,58	0,60	0,63	0,66	0,69
20	0,56	0,59	0,61	0,64	0,67	0,71
25	0,58	0,60	0,62	0,66	0,68	0,72
30	0,59	0,62	0,64	0,67	0,69	0,73

Аналіз рис. 3.4 показує, що при додаванні люцерни до 30 % до маси комбікорму – коефіцієнти зовнішнього тертя суміші в усіх випадках збільшуються від 0,52 до 0,73 відповідно в середньому в 1,12 рази.

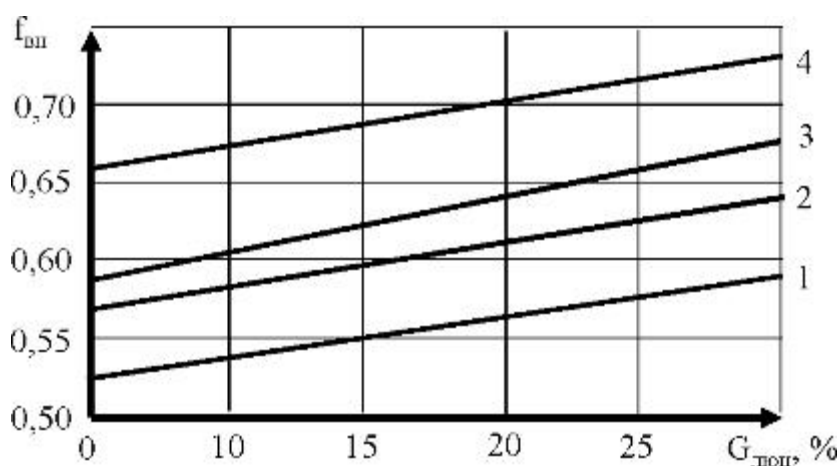


Рисунок 3.4 – Залежність коефіцієнта зовнішнього тертя $f_{вн}$ суміші комбікорму з подрібненою люцерною по сталі в залежності від кількості добавленої люцерни $G_{люц}$ (%) і величини навантаження $G_{пв}$ (кг):

$$1 - G_{пв} = 2 \text{ кг}; 2 - G_{пв} = 6 \text{ кг}; 3 - G_{пв} = 8 \text{ кг}; 4 - G_{пв} = 12 \text{ кг}$$

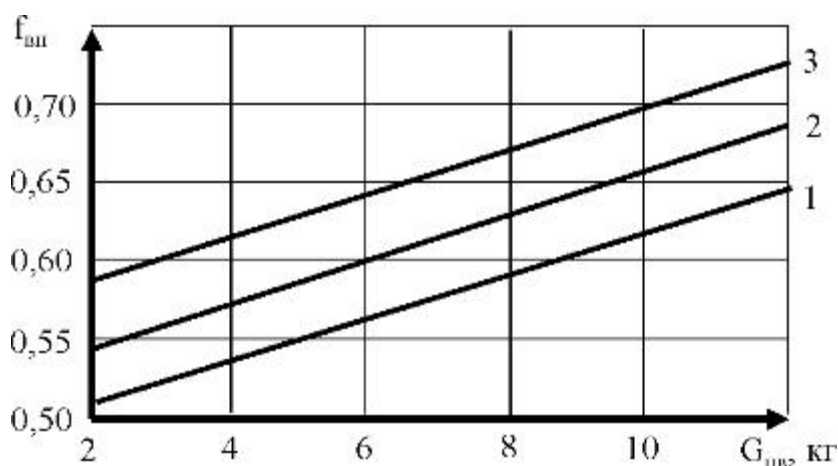


Рисунок 3.5 – Залежність коефіцієнта зовнішнього тертя суміші комбікорму з подрібненою люцерною по сталі в залежності від навантаження $G_{пв}$ (кг) при різній кількості доданої люцерни $G_{люц}$ (%):

$$1 - G_{люц} = 5 \% ; 2 - G_{люц} = 15 \% ; 3 - G_{люц} = 30 \%$$

Згідно рис. 3.5, при збільшенні маси навантаження $G_{пв}$ від 2 до 12 кг на кормосуміш, з різною кількістю доданої подрібненої люцерни коефіцієнти зовнішнього тертя в усіх випадках також збільшуються від 0,52 до 0,73, тобто в 1,2 рази. Зростання коефіцієнтів тертя пояснюється законом Дерягіна: зі збільшенням питомого тиску на корм зростає площа дійсного контакту, при якому елементарні площадки двох поверхонь зближаються на відстані молекулярного зчеплення, що призводить до зростання коефіцієнтів тертя.

Аналіз одержаних експериментальних даних (табл. 3.3), показує що коефіцієнти внутрішнього тертя $f_{вт}$ суміші комбікорму при додаванні люцерни до 30 % та при збільшенні маси вантажу з 2 до 6 кг (рис. 3.6) в усіх випадках збільшуються від 0,81 до 0,99 (в середньому в 1,11 рази), бо при збільшенні вологості кормосуміш набуває стану зв'язного середовища.

Коефіцієнти внутрішнього тертя $f_{вт}$ (рис. 3.7) більше коефіцієнтів зовнішнього тертя $f_{вн}$ кормосуміші тому, що, крім сил тертя, між окремими частками при відносному зсуві тут переборюються внутрішні сили зчеплення.

Визначені залежності коефіцієнтів зовнішнього $f_{вн}$ тертя кормів від швидкості ковзання по різних поверхнях тертя приведені в табл. 3.4.

Зі збільшенням швидкості ковзання V (рис. 3.8) значення коефіцієнтів зовнішнього тертя $f_{\text{вн}}$ збільшуються.

Таблиця 3.3 – Зміна коефіцієнтів внутрішнього тертя суміші комбікорму з подрібненою люцерною в залежності від кількості добавленої люцерни і величини навантаження

Додавання люцерни до комбікорму, %	Коефіцієнт тертя при масі вантажу, кг				
	2	3	4	5	6
5	0,81	0,83	0,86	0,87	0,91
10	0,84	0,86	0,87	0,89	0,93
15	0,85	0,87	0,88	0,90	0,95
20	0,86	0,88	0,90	0,91	0,96
25	0,87	0,89	0,91	0,92	0,97
30	0,88	0,90	0,92	0,93	0,99

Коефіцієнти внутрішнього тертя $f_{\text{вт}}$ (рис. 3.7) більше коефіцієнтів зовнішнього тертя $f_{\text{вн}}$ кормосуміші тому, що, крім сил тертя, між окремими частками при відносному зсуві тут переборюються внутрішні сили зчеплення.

Визначені залежності коефіцієнтів зовнішнього $f_{\text{вн}}$ тертя кормів від швидкості ковзання по різних поверхнях тертя приведені в табл. 3.4.

Зі збільшенням швидкості ковзання V (рис. 3.8) значення коефіцієнтів зовнішнього тертя $f_{\text{вн}}$ збільшуються.

Це пояснюється помітним зростанням нормальних навантажень на площу зчеплення часток корму з поверхнею тертя, зі збільшенням швидкості переміщення.

Внаслідок додатково виникаючих мікроударів у місцях контакту відбувається руйнування часток, створюється додатковий опір.

Проведені дослідження показали, що з прийнятих матеріалів за коефіцієнтами тертя кращою є пластмаса, оскільки величини коефіцієнтів зовнішнього тертя $f_{\text{вн}}$ кормів по пластмасі в 1,2 рази менші, ніж по сталі.

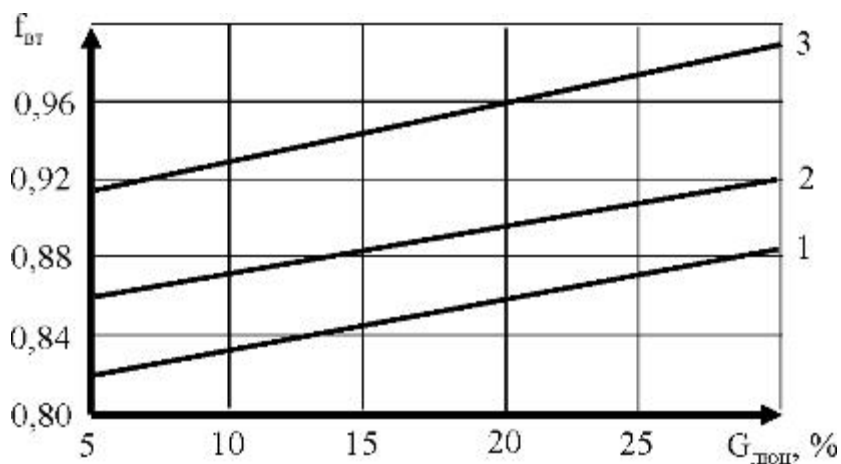


Рисунок 3.6 – Зміна коефіцієнта внутрішнього тертя $f_{\text{вт}}$ суміші комбікорму з подрібненою люцерною в залежності від кількості добавленої люцерни (%) при різному навантаженні $G_{\text{пв}}$ (кг):

1 – $G_{\text{пв}} = 2 \text{ кг}$; 2 – $G_{\text{пв}} = 4 \text{ кг}$; 3 – $G_{\text{пв}} = 6 \text{ кг}$

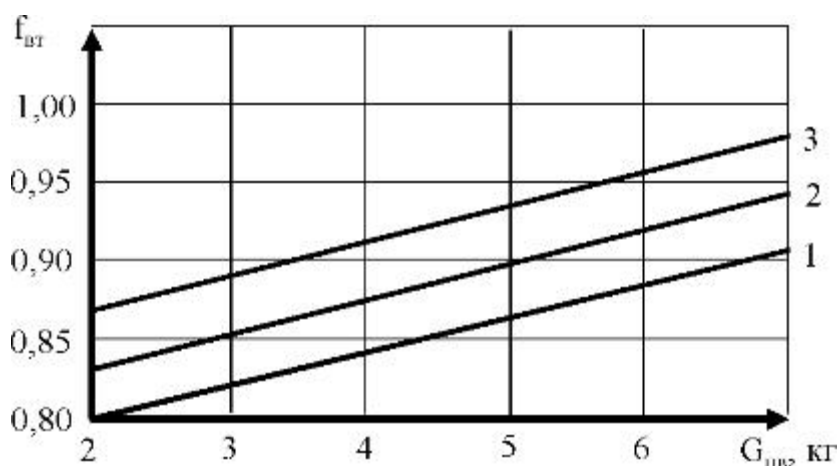


Рисунок 3.7 – Зміна коефіцієнта внутрішнього тертя $f_{\text{вт}}$ суміші комбікорму з подрібненою люцерною при різному навантаженні $G_{\text{пв}}$ (кг), в залежності від кількості добавленої люцерни $G_{\text{люц}}$ (%):

1 – $G_{\text{люц}} = 5 \%$; 2 – $G_{\text{люц}} = 15 \%$; 3 – $G_{\text{люц}} = 30 \%$

Обробка отриманих діаграм за допомогою програми Microsoft Excel дозволила одержати емпіричні рівняння для визначення коефіцієнтів зовнішнього тертя $f_{\text{вн}}$ кормів в залежності від швидкості ковзання V (м/с), щільності ρ (кг/м³) та вологості W (%) корму

а) по сталі

$$f_{\text{вн}} = 2,255 + V \cdot 1,114 - \rho \cdot 2,851 - W \cdot 0,0061; \quad (3.4)$$

б) по пластмасі

$$f_{\text{вн}} = 2,268 + V \cdot 1,073 - \rho \cdot 2,962 - W \cdot 0,0065. \quad (3.5)$$

Таблиця 3.4 – Характер зміни коефіцієнтів зовнішнього тертя по різних поверхнях в залежності від швидкості ковзання

№ п/п	Найменування корму	Вологість W, %	Щільність ρ , т/м ³	Коефіцієнт зовнішнього тертя $f_{\text{вн}}$, при швидкості ковзання, м/с							
				по сталі				по пластмасі			
				0,05	0,10	0,15	0,20	0,05	0,10	0,15	0,20
1	Комбікорм розсипний	12,60	0,645	0,39	0,40	0,48	0,52	0,33	0,34	0,42	0,43
2	Комбікорм гранульований	9,70	0,638	0,43	0,49	0,51	0,53	0,37	0,42	0,44	0,46
3	Зернова суміш	10,22	0,696	0,33	0,34	0,47	0,47	0,26	0,27	0,40	0,41
4	Комбінований силос	72,80	0,400	0,50	0,56	0,60	0,68	0,43	0,49	0,53	0,61
5	Подрібнена люцерна	76,40	0,396	0,73	0,88	1,07	1,21	0,66	0,81	1,00	1,14
6	Кормосуміш № 1	14,13	0,615	0,48	0,49	0,52	0,56	0,35	0,42	0,45	0,53
7	Кормосуміш №2	17,05	0,589	0,50	0,53	0,57	0,65	0,45	0,47	0,50	0,58
8	Кормосуміш №3	20,57	0,567	0,55	0,64	0,64	0,71	0,51	0,52	0,60	0,62
9	Кормосуміш №4	24,63	0,546	0,63	0,68	0,71	0,78	0,56	0,63	0,64	0,73
10	Кормосуміш №5	29,45	0,524	0,72	0,77	0,81	0,86	0,67	0,71	0,75	0,79
11	Кормосуміш №6	32,57	0,511	0,74	0,80	0,81	0,88	0,67	0,72	0,81	0,82

Аналіз умов утворення склепінь і витікання з бункера суміші комбікорму з подрібненою люцерною (табл. 3.5) показують, що при постійних кутах нахилу бічних стінок сипучість суміші (в залежності від кількості люцерни в ній) була різною.

При цьому вологість суміші перевищувала 30 %, оскільки суміш зволожувалася за рахунок вологи, що утримується в частинках люцерни, нездатної надавати кормосуміші властивостей текучості. При збільшенні добавки люцерни від 5 % до 30 % в комбікорм сипучість суміші зменшувалася, що підтверджується збільшенням кутів природного укосу з 41° до 44° (табл. 3.5).

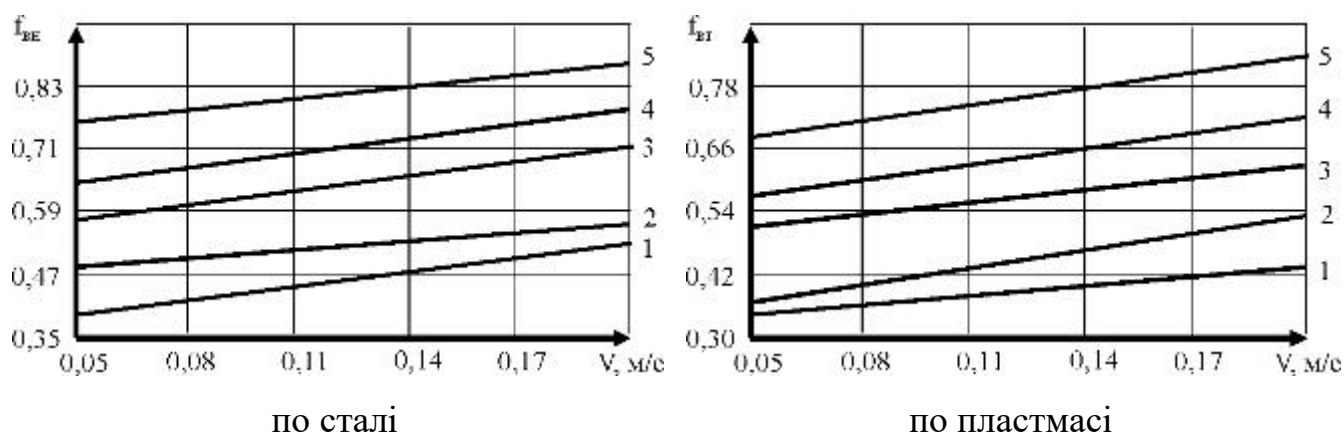


Рисунок 3.8 – Характер зміни коефіцієнтів зовнішнього тертя f_{BH} по різних поверхнях в залежності від швидкості ковзання V (м/с):

1 – комбікорм розсипний; 2 – кормосуміш № 1; 3 – кормосуміш № 3;
4 – кормосуміш № 4; – кормосуміш № 6

Таблиця 3.5 – Зміна кута природного укосу суміші комбікорму з подрібненою люцерною в залежності від кількості доданої люцерни і кута нахилу бічних стінок

Кут нахилу бічних стінок, град	Кут природного укосу (град), при додаванні подрібненої люцерни до комбікорму, %					
	5	10	15	20	25	30
25	41	41	41	42	43	44
30	42	42	43	43	42	42
35	43	43	44	43	43	44
40	40	40	41	42	42	42
45	40	42	41	41	40	42
Вологість кормосуміші, %	14,13	17,05	20,57	24,63	29,45	32,57

З даних (табл. 3.6) видно, що в усіх випадках при збільшенні кута нахилу бічних стінок бункера від 25° до 45° при незмінній кількості люцерни в суміші $G_{\text{люц}}$ ширина випускної щілини бункера зменшувалася (рис. 3.9).

Характерно і те, що при збільшенні маси люцерни в суміші від 5 до 30 % до маси комбікорму її вологість збільшувалася від 14% до 32 % (табл. 3.8), тому для повного витікання суміші при незмінному куті нахилу бічних стінок бункера необхідно збільшувати ширину випускної щілини (рис. 3.10).

Таблиця 3.6 – Зміна ширини вивантажувальної щілини в залежності від кута нахилу бічних стінок і кількості люцерни в суміші

Показник сипучості	Кут нахилу бічних стінок, град	Ширина щілини (мм), при додаванні подрібненої люцерни в комбікорм, %					
		5	10	15	20	25	30
Повна руйнація склепіння із залишком кормів у бункері	25	67	83	87	97,2	110	138
	30	50	57	63	83,2	84	116
	35	32	39,6	45	67,9	73,6	93,3
Повне спорожнення бункера	40	30	32	43	48	69	84
	45	17	24	40	39,5	64	73,7
Вологість кормосуміші, %	-	14,13	17,05	20,57	24,63	29,45	32,57

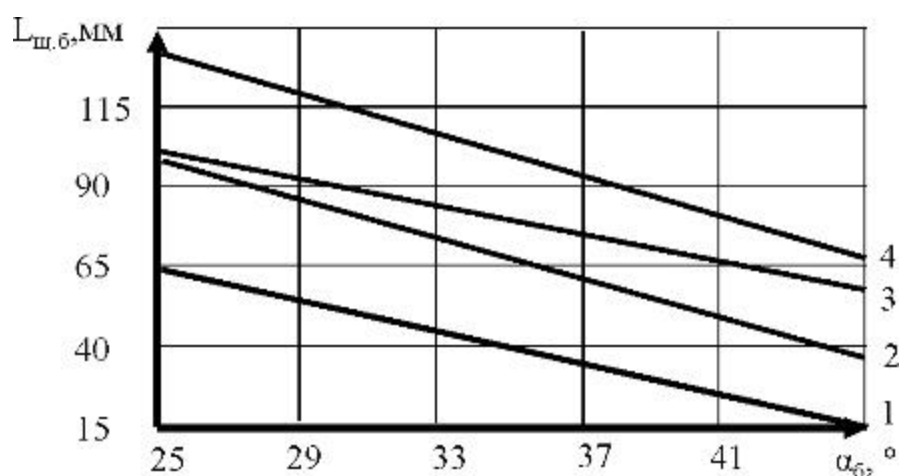


Рисунок 3.9 – Зміна ширини випускної щілини бункера $L_{щ.б}$ в залежності від кута нахилу бічних стінок бункера α_b , при додаванні до розсипного комбікорму різної кількості люцерни $G_{люц}$ (%) вологістю W (%):

- 1 – 5 % люцерни ($W = 14,13$ %); 2 – 20 % люцерни ($W = 24,63$ %);
 3 – 25 % люцерни ($W = 29,45$ %); 4 – 30 % люцерни ($W = 32,57$ %)

Це пояснюється тим, що подрібнена люцерна при додаванні до комбікорму в деякій мірі погіршує його сипучість, а отже, може сприяти утворенню склепінь над випускним отвором (табл. 3.7).

Для запобігання цьому ширину випускної щілини бункера необхідно встановлювати від 20 до 75 мм і кут нахилу бічних стінок від 45 до 50°, табл. 3.6-3.7.

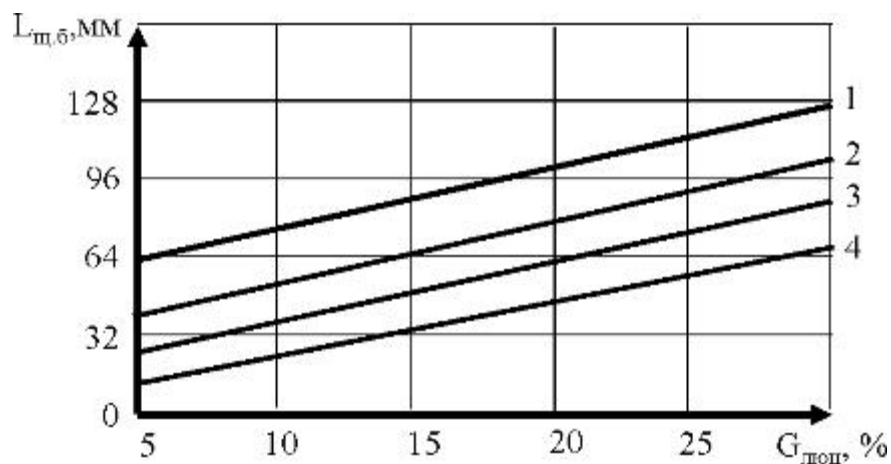


Рисунок 3.10 – Зміна ширини випускної щілини бункера $L_{\text{щ.б}}$ в залежності від кількості добавленої люцерни $G_{\text{люц}}$ (%) до комбікорму при різних кутах нахилу бічних стінок бункера (град):

1 – кут $\alpha_b = 25^\circ$; 2 – кут $\alpha_b = 30^\circ$; 3 – кут $\alpha_b = 35^\circ$; 4 – кут $\alpha_b = 45^\circ$

Таблиця 3.7 – Наявність кормосуміші (комбікорм + люцерна) на бічних стінках у залежності від кута їх нахилу і кількості люцерни в суміші

Кут нахилу бічних стінок, град	Наявність залишків комбікорму на бічних стінках при додаванні люцерни до комбікорму, %					
	5	10	15	20	25	30
25	+	+	+	+	+	+
30	+	+	+	+	+	+
35	+	+	+	+	+	+
40	-	-	-	-	+	+
45	-	-	-	-	-	-

3.3 Висновки з розділу

1. Коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя по сталі збільшуються відповідно в 1,4 (від 0,52 до 0,73) і в 1,2 раза (від 0,81 до 0,99) в залежності від масової долі люцерни в кормосуміші та маси вантажу. Найменші коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя при 5 %-му вмісті люцерни в кормосуміші і масі вантажу 2 кг, а найбільші при 30 %-му і масі вантажу 12 кг при визначенні коефіцієнтів зовнішнього тертя та 6 кг – внутрішнього.

2. При збільшенні швидкості ковзання в 4 рази (від 0,05 до 0,20 м/с) коефіцієнти зовнішнього тертя по сталі збільшуються в 1,17-1,66 рази (від 0,48 до

0,56 для кормосуміші №1 і від 0,73 до 1,21 для подрібненої люцерни), а ці ж коефіцієнти тертя по пластмасі - в 1,18-1,58 рази (від 0,67 до 0,79 для кормосуміші №5 і від 0,26 до 0,41 для зернової суміші). Різниця в цих коефіцієнтах тертя по сталі і пластмасі незначна і становить менше 0,01-0,05%, тому з погляду на тертя ці матеріали слід вважати рівнозначними, а за корозієстійкістю перевагу слід віддати пластмасі. Для визначення коефіцієнтів зовнішнього тертя $f_{вн}$ кормів для птиці по сталі і по пластмасі, в залежності від швидкості ковзання V (м/с), щільності ρ (кг/м³) та вологості (%) корму, одержані рівняння регресії.

3. Для суміші розсипного комбікорму при додаванні подрібненої зеленої маси люцерни до 30 % ширину випускної щілини бункера, при якій забезпечується повне спорожнення бункера від корму, необхідно встановлювати в межах від 20 до 85 мм при куті нахилу бічних стінок 45-50°.

4. Аналіз даних гранулометричного складу кормів для птиці, показує, що досліджувані корми відносяться до дрібногрудкових: середньоарифметичне значення розміру часток кормів знаходиться в межах 14,27-16,64 мм.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОЗДАВАЧА КОРМІВ

4.1 Методика чисельного моделювання роздавача кормів

Коефіцієнт Пуассона - 0,5; модуль Юнга - 0,2 МПа; густина - 400 кг/м³; коефіцієнт статичного тертя - 0,8; коефіцієнт нормального відновлення - 0,5; коефіцієнт тангенціального відновлення - 0,5; коефіцієнт опору коченню - 0,3. Властивості середовища: середовище - повітря, кінематична в'язкість 1,85508·10⁻⁵ Па·с, турбулентне число Прандтля 0,9, прискорення вільного падіння 9,8 м/с², температура 293 К, тиск 101325 Па. Розмір комірки сітки моделювання 0,001 м.

Під час моделювання процесу методом скінченних елементів задаються початкове положення і швидкість частинки. Потім на основі цих початкових даних і заданих фізичних законів контактної взаємодії розраховують сили, що діють на кожну частинку в кожен часовий інтервал. У результаті розраховуються сили для кожної частинки, а також розв'язується задача Коші для обраного часового інтервалу, що дає змогу отримати вихідні дані для наступних кроків. Для чисельного моделювання було обрано такі фізичні моделі: модель турбулентності розділеного потоку k-L1_25B, гравітаційне поле, модель реального газу Ван-дер-Ваальса, модель дискретних елементів і модель взаємодії багатофазних потоків. Метод дискретних елементів ґрунтується на законах збереження імпульсу і моменту імпульсу для лагранжевих моделей багатофазних середовищ. Однак для побудови фізичних і математичних моделей необхідно припустити, що частинки представлені у вигляді однакових кульок з постійною густиною та ефективним діаметром.

Розрахункова схема проведення чисельного моделювання процесу роздавача кормів представлена на рис. 4.1.

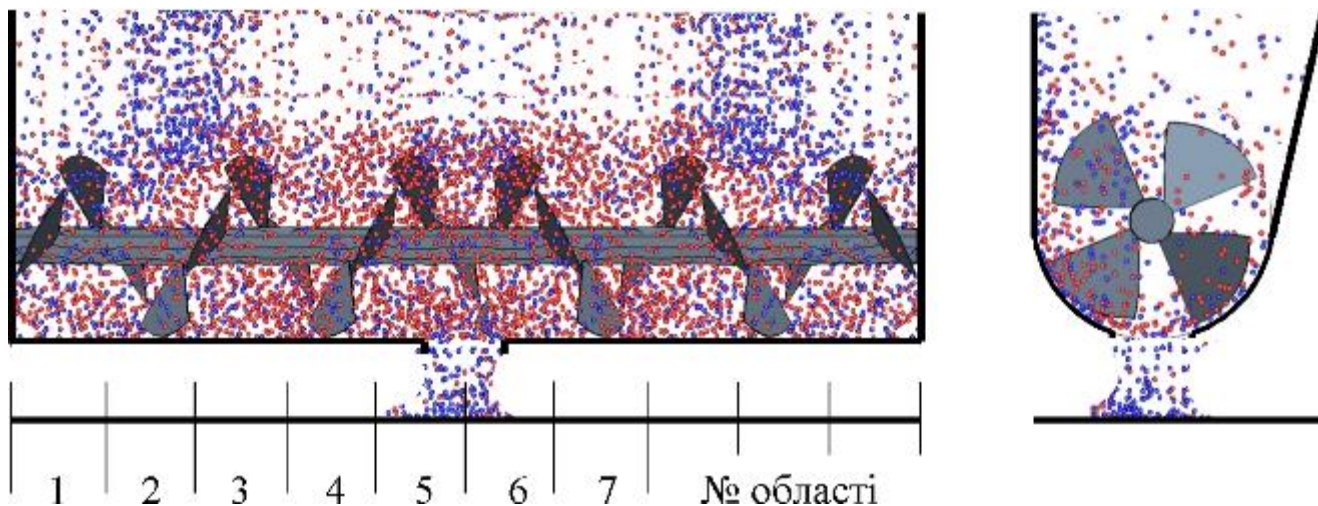


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема проведення чисельного моделювання процесу роздавача кормів

Для імітації руху роздавача вдовж кліткової батареї під бункером змодельована транспортерна стрічка. Під час чисельного дослідження корм з бункера видається в розмічені області, що розміщені на стрічці. Швидкість руху стрічки змінюється в межах 0,05-0,15 м/с.

Досліджувалися два типи гвинтових робочих органів роздавача: шнек і спіралі різних геометричних розмірів (табл. 4.1).

Частота обертання досліджуваних робочих органів змінювали в межах 30-100 об/хв.

Кількість повторностей кожного дослідження визначали за методикою. Пошукові дослідження по визначенню нерівномірності дозування корму показали, що середньоквадратичне відхилення цього показника становить $\pm 5\%$ при рівні довірчої ймовірності $\alpha = 0,95$. Тому для зменшення похибки вимірів при прийнятій надійності 0,05, незважаючи на високу трудомісткість їхнього проведення, повторність дослідів при факторному чисельному експерименті приймаємо $n = 5$.

Для визначення оптимальних конструктивно-технологічних і режимних параметрів розробленого роздавача за допомогою математичної моделі дослідження проводяться по D-оптимальному плану. За значущі фактори вибрано: крок навивання гвинтового робочого органу і частота його обертання,

швидкість подовжнього переміщення роздавача вповдовж кліткової батареї (швидкість транспортеру).

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика досліджуваних робочих органів

№ п/п	Тип	Зовнішній діаметр, мм	Крок навивки, мм	Профіль перерізу прокату	Переріз прокату, мм
1	Шнек	40	50	Полоса	
2	Спіраль № 1	40	40	Круг	6
3	Спіраль № 2	40	60	Круг	6
4	Спіраль № 3	40	100	Круг	6
5	Спіраль № 4	40	40	Полоса	4,5×10

Обрані значущі фактори задовольняють вимогам при проведенні багатофакторного чисельного експерименту: потрібне значення фактора, можна підтримувати постійним протягом усього досліду; можна встановлювати з необхідною точністю їх необхідні значення у визначеній розмірності. Витримуються вимоги до сукупності факторів: вони сумісні, тобто всі необхідні комбінації здійсненні і безпечні; незалежні, тобто їхні значення можна встановити на будь-якому рівні поза залежністю від рівнів інших факторів.

Для того щоб компенсувати систематичні погрішності чисельних експериментів, проведена рандомізація дослідів – досліди проводяться у випадковій послідовності, що встановлюється за допомогою таблиці випадкових чисел. Відповідно до прийнятого трирівневого плану 2-го порядку Бокса-Бенкіна, число дослідів відповідає 15. Поставимо у відповідність кожному досліді 15 послідовних чисел, узятих у будь-якому стовпці таблиці випадкових чисел, повторювані числа відкидаємо. Розташували випадкові числа в порядку зростання, одержуємо шукану послідовність реалізації дослідів (табл. 4.2).

Після реалізації матриці чисельного експерименту визначаються коефіцієнти регресії лінійних ефектів і ефектів парних взаємодій, що дає можливість одержати функцію відгуку – математичну модель у вигляді

полінома другого порядку

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (4.1)$$

де b_0 – значення критерію оптимальності; b_i – коефіцієнти регресії при змінних факторах експерименту; b_{ij} – коефіцієнти регресії при ефектах взаємодій; b_{ii} – коефіцієнти регресії при квадратичних членах.

Таблиця 4.2 – Рандомізація дослідів оптимального плану 2-го порядку
Бокса-Бенкіна для трьох факторів

Досліди в матриці плану	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Серія випадкових чисел	15	85	47	13	10	5	65	59	31	91	63	89	70	14	92
Послідовність реалізації дослідів	5	12	7	3	2	1	10	8	6	14	9	13	11	4	15

Відтворюваність дослідів перевіряється за критерієм Кохрена; перевірка значущості коефіцієнтів і адекватності отриманих математичних моделей проводиться стандартними методами за допомогою критеріїв Стюдента і Фішера. Модель вважається адекватною, якщо вона представляє дослідні дані з похибкою, яка не перевищує похибки досліду.

За одержаними математичними моделями будуються поверхні відгуку досліджуваних пар факторів у вигляді контурних кривих при нульових або інших фіксованих рівнях інших факторів.

Обробку отриманих експериментальних даних проводили на персональному комп'ютері із використанням програм: Microsoft Excel, MathCad.

4.2 Результати чисельного моделювання роздавача кормів

Як уже відзначалося в розділі (2.2), формулу (2.16) для визначення пропускної спроможності випускних отворів бункерів можна використовувати лише при наявності числових значень коефіцієнта витікання μ і коефіцієнта

форми випускного отвору квадратної та круглої форми $K_{от}$. Враховуючи вище сказане, згідно методики (4.2) для проведення чисельного моделювання були взяті отримані фізико-механічні властивості кормів (табл. 3.1). Одержані дані моделювання приведені в табл. 4.3.

За допомогою кореляційно-статистичного аналізу одержаних даних чисельного моделювання (табл. 4.3) були отримані рівняння регресії для розрахунку коефіцієнтів витікання μ випускних отворів бункера різної форми

- для отвору квадратної форми

$$\mu_{\text{квад}} = 1,16 - \rho \cdot 0,196 - f_{\text{вн}} \cdot 0,092 + F_{\text{от}} \cdot 0,00051, \quad (4.2)$$

- для отвору круглої форми

$$\mu_{\text{круг}} = 1,216 - \rho \cdot 0,272 - f_{\text{вн}} \cdot 0,119 + F_{\text{от}} \cdot 0,00061. \quad (4.3)$$

Таблиця 4.3 – Продуктивність (кг/с) витікання кормів із випускних отворів бункера

№ п/п	Вид корму	Отвір круглої форми площа отвору, см ²						Отвір квадратної форми площа отвору, см ²					
		10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
1	Зернова суміш	0,157	0,170	0,182	0,186	0,188	0,189	0,157	0,168	0,179	0,184	0,185	0,186
2	Комбікорм розсипний	0,156	0,167	0,177	0,179	0,184	0,184	0,156	0,166	0,175	0,177	0,181	0,182
3	Кормосуміш № 1	0,145	0,152	0,162	0,165	0,166	0,168	0,145	0,151	0,160	0,162	0,164	0,165
4	Кормосуміш № 3	0,143	0,151	0,155	0,163	0,163	0,164	0,143	0,150	0,153	0,159	0,159	0,160
5	Кормосуміш № 6	0,142	0,148	0,151	0,157	0,157	0,156	0,142	0,146	0,148	0,153	0,153	0,153

Одержані рівняння регресії (4.26) і (4.27) пов'язують конструктивно-технологічні параметри випускних отворів квадратної та круглої форми бункера роздавача з фізико-механічними властивостями кормів, які використовуються при годівлі птиці.

Аналіз даних чисельного моделювання (табл. 4.3) показує, що відповідно до формули (2.17) коефіцієнт $K_{от}$ незначно змінюється при збільшенні площі відкривання отвору. Для практичних розрахунків числові значення коефіцієнтів можуть бути прийняті в таких межах:

- для круглих отворів $K_{от} = 1$,
- для квадратних отворів $K_{от} = 0,96-0,99$ (менші значення варто приймати для грубозернистих, більші – для дрібнозернистих сипких кормів).

Аналіз кривих (рис. 4.2), побудованих по одержаним даним чисельного моделювання (табл. 4.3), показує, що в цілому характери протікання процесів витікання кормів ідентичні для отворів квадратної і круглої форми. Найбільшу пропускну спроможність (при однаковій площі) стосовно усіх видів кормів, має отвір круглої форми (табл. 4.3).

Наприклад, продуктивність витікання зернової суміші з отвору круглої форми, при площі відкривання 60 см², становить 0,195 кг/с, що в 1,05 рази більше продуктивності витікання зернової суміші з отвору квадратної форми – 0,186 кг/с тієї ж самої площі.

Незначне перевищення продуктивності витікання круглого отвору над квадратним (при однаковій площі) можна пояснити більш повним використанням потоком корму площі круглого отвору при витіканні.

Візуальними спостереженнями встановлено, що зменшення площі відкривання випускного отвору при вільному витіканні корму (в умовах незв'язного режиму витікання) призводить до того, що при певнім ступені відкривання отвору витікання корму припиняється і хоча діаметр отвору ще значно більший за поперечний розмір частинок корму, а вже відбувається утворення склепінь корму над випускним отвором. Як показують отримані дані (табл. 4.3), при постійній площі випускних отворів квадратної і круглої форм, продуктивність витікання різноманітних сипких кормів різна – з підвищенням вологості продуктивність витікання зменшується через погіршення сипкості кормів. Так, при площі квадратного отвору 60 см² продуктивність витікання

кормосуміші № 1 становить 0,165 кг/с, що в 1,08 рази більше продуктивності витікання кормосуміші №6 (0,153 кг/с) з отвору такої ж форми і площі.

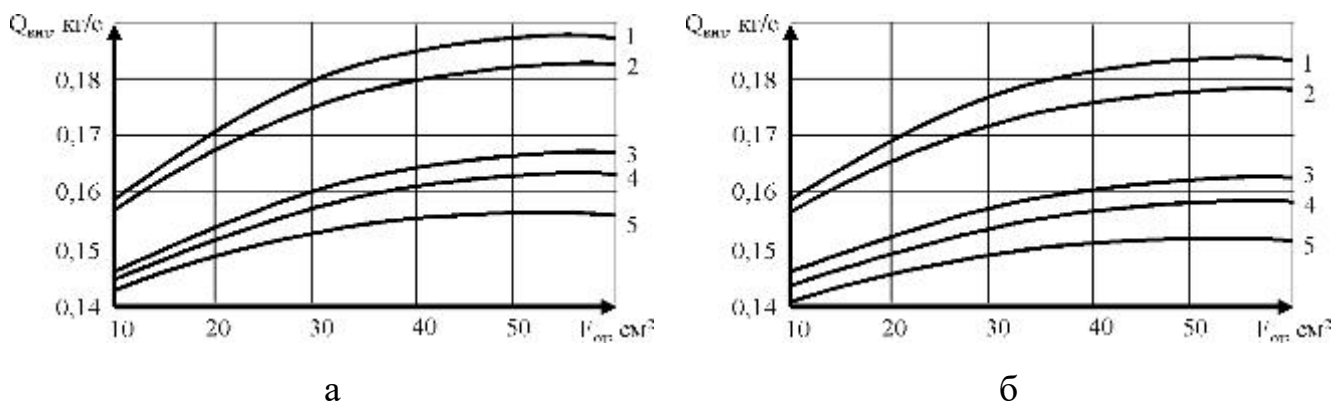


Рисунок 4.2 – Продуктивність витікання кормів з випускних отворів:

а) круглої форми, б) квадратної форми; 1 – зернова суміш; 2 – комбикорм розсипний; 3 – кормо суміш № 1; 4 – кормосуміш № 3; 5 – кормосуміш № 6

Таким чином, у зв'язку з незначною різницею продуктивності витікання, у бункерах кормороздавача доцільно використовувати випускні отвори квадратної форми, адже значно спрощується виготовлення і розміщення заслінок на дні бункера кормороздавача. З огляду на результати чисельних досліджень, а також на те, що мобільний роздавач розрахований на видачу птиці порівняно невеликих доз корму, то він буде працювати при невеликих площах відкриття випускних отворів. Отже можливе нерівномірне витікання або мимовільне припинення витікання сипкого корму з отворів бункера через утворення склепінь над випускним отвором. Щоб уникнути появи склепінь у бункері роздавача, необхідна наявність механічного побудника витікання корму.

Аналіз результатів досліджень шнекового робочого органу показав, що при збільшенні частоти обертання шнека, з одночасним поступовим відкриванням випускного отвору, продуктивність роздавача зростає. Наприклад, із збільшенням частоти обертання шнека від 30 до 100 об/хв і площі отвору від 25 до 100 % продуктивність роздавача збільшилася у 2,6 (від 0,04252

до 0,025875 кг/с) і 1,6 рази (від 0,02466 до 0,166678 кг/с) відповідно при роздачі розсипного комбікорму і кормосуміші № 6 (рис. 4.3).

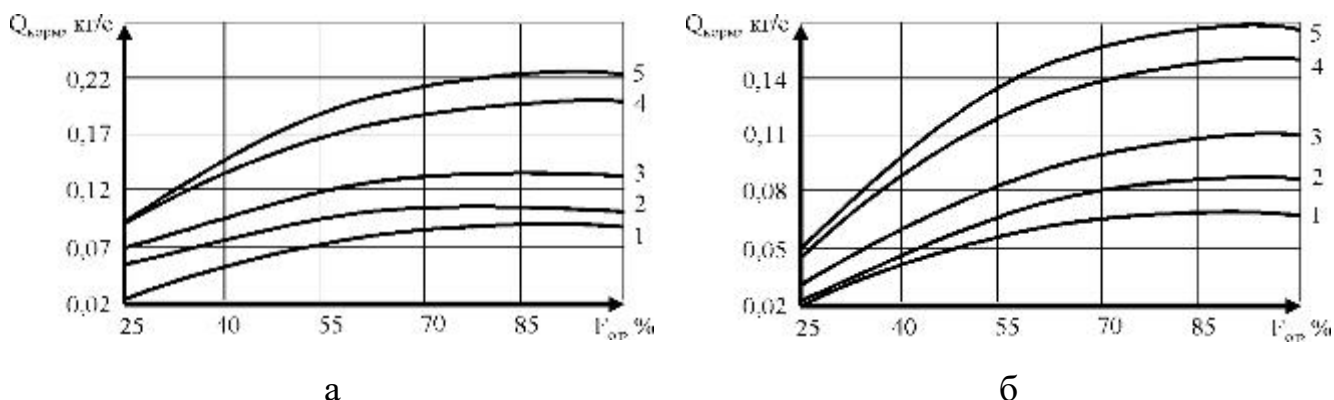


Рисунок 4.3 – Залежність продуктивності роздавача $Q_{\text{корм}}$ (кг/с) від ступеня відкриття випускного отвору $F_{\text{от}}$ (%) при різній частоті обертання n (об/хв) шнека: а) дозування розсипного комбікорму ($W = 12,6\%$); б) дозування кормосуміші № 6 (30% люцерни+70% комбікорму); $W = 32,57\%$; 1 – 30 об/хв; 2 – 40 об/хв; 3 – 50 об/хв; 4 – 70 об/хв; 5 – 100 об/хв

Але слід відмітити, що максимальна продуктивність вільного витікання при площі квадратного отвору 40, 50 і 60 см² залишається незмінною: наприклад, для кормосуміші № 6 вона становить 0,153 кг/с, а при створенні безупинного потоку над випускним отвором за допомогою шнекового робочого органу вона відрізняється лише на 4,6-7,4 % при зміні частоти обертання шнека від 30 до 100 об/хв (рис. 4.3).

Експериментальними дослідженнями встановлено, що при збільшенні частоти обертання шнека, з одночасним поступовим відкриттям випускного отвору нерівномірність видачі корму зменшується. Наприклад, при видачі розсипного комбікорму із збільшенням частоти обертання шнека від 30 до 100 об/хв і площі випускного отвору від 25 до 100 % нерівномірність видачі розсипного комбікорму зменшилася в 1,3 рази (від 5,87 до 3,24 %) а при видачі кормосуміші № 6 – в 1,2 рази (від 7,85 до 4,9 %). Разом з тим в діапазоні зміни площі випускного отвору від 40 до 60 см збільшення частоти обертання

шнекового робочого органу від 30 до 100 об/хв призвело до зменшення нерівномірності видачі корму лише на 0,12 % (рис. 4.4).

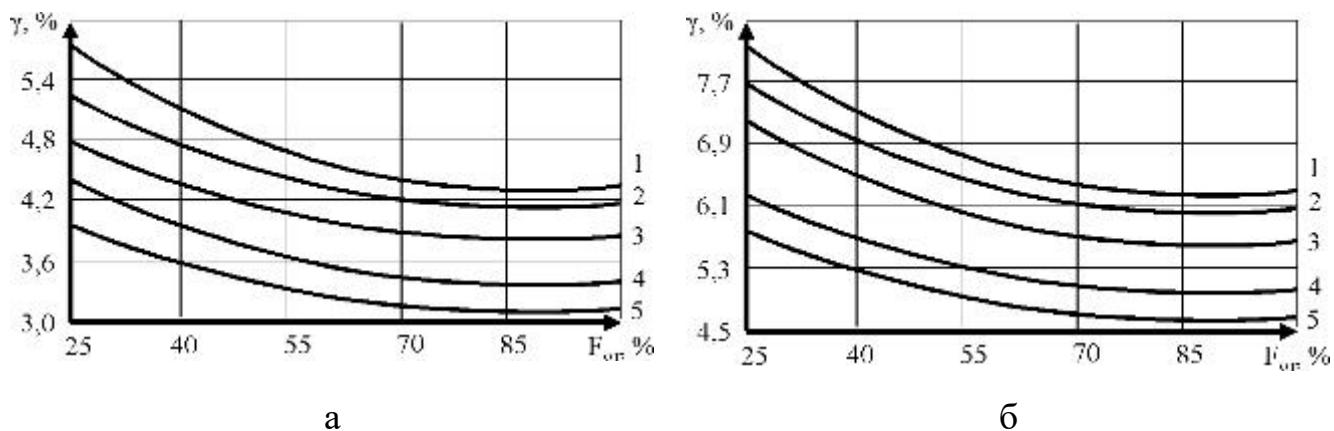


Рисунок 4.4 – Залежність нерівномірності видачі корму γ (%) від ступеня відкриття випускного отвору $F_{от}$ (%) при різній частоті обертання n (об/хв) шнекового робочого органу: а) дозування розсипного комбікорму ($W = 12,6\%$); б) дозування кормосуміші № 6 (30% люцерни + 70% комбікорму); $W = 32,57\%$; 1 – 30 об/хв; 2 – 40 об/хв; 3 – 50 об/хв; 4 – 70 об/хв; 5 – 100 об/хв

Таким чином, аналіз роботи шнекового робочого органу показав, що збільшення площі отвору від 40 до 60 см^2 в незначній мірі впливає на зміну продуктивності і нерівномірності роздачі.

Дослідженнями спіраль-гвинтових робочих органів встановлено, що зі збільшенням частоти обертання спіралей №1-№4 (табл. 4.1) від 30 до 70 об/хв продуктивність кормороздавача зростає а при подальшому збільшенні цієї частоти – зменшується. При збільшенні частоти обертання від 30 до 70 об/хв продуктивність кормороздавача на видачі розсипного комбікорму при застосуванні спіралі № 1 збільшується в 5,1 рази (від 0,022 до 0,112 кг/с), спіралі № 2 збільшується в 2,98 рази (від 0,065 до 0,194 кг/с), спіралі № 3 збільшується в 3,58 рази (від 0,040 до 0,143 кг/с) і спіралі № 4 в 2,61 рази (від 0,090 до 0,235 кг/с). Аналогічне збільшення продуктивності кормороздавача відбувається і при видачі кормосуміші № 6 із застосуванням спіралі № 1 в 2,77

рази (від 0,023 до 0,066 кг/с), спіралі № 2 в 2,46 рази (від 0,054 до 0,132 кг/с), спіралі № 3 збільшується в 2,49 рази (від 0,037 до 0,091 кг/с) і спіралі № 4 в 2,88 рази (від 0,056 до 0,161 кг/с). Криві продуктивності кормороздавача з різною конструкцією спіральних робочих органів приведені на рис. 4.5.

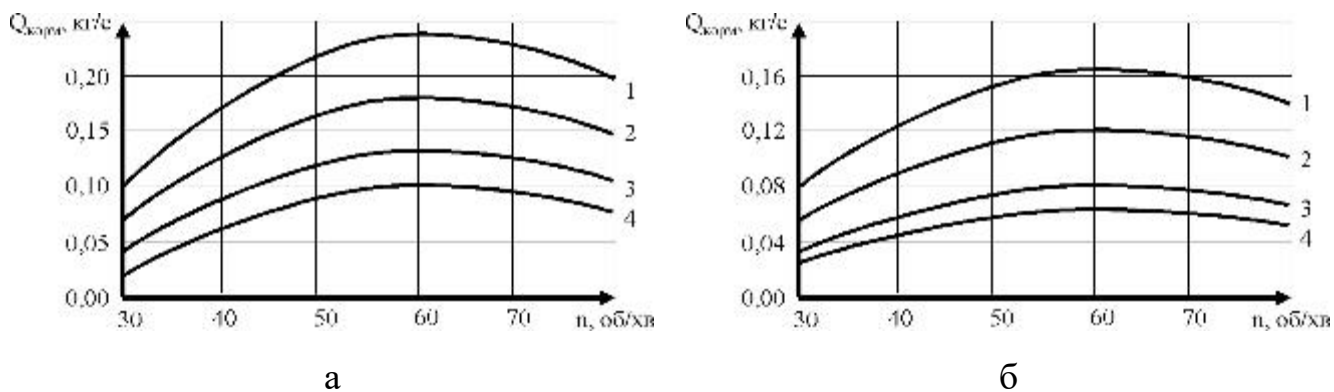


Рисунок 4.5 – Залежність продуктивності роздавача $Q_{\text{корм}}$ (кг/с) від частоти обертання n (об/хв) спіралей при ступені відкриття випускного отвору

$F_{\text{от}} = 75\%$: а) дозування розсипного комбікорму ($W = 12,6\%$); б) дозування кормосуміші № 6 (30 % люцерни + 70 % комбікорму) $W = 32,57\%$; 1 – спіраль № 4; 2 – спіраль № 2; 3 – спіраль № 3; 4 – спіраль № 1

З рис. 4.5 видно, що зі зміною частоти обертання робочих спіральних робочих органів від 30 до 70 об/хв, найбільший приріст продуктивності кормороздавача має місце при застосуванні спіралі № 4, а найменший – при застосуванні спіралі № 1, що пояснюється профілем навивання. З результатів приведених на рис. 4.5, також впливає, що при застосуванні спіралей № 1-№ 3 з однаковим (крушим) профілем навивки найвищу продуктивність забезпечує спіраль № 2 з кроком навивання 60 мм, за нею спіраль № 3 із кроком навивання 100 мм і найнижчу – спіраль № 1 з кроком навивання 40 мм.

При подальшому збільшенні частоти обертання спіралей від 71 до 100 об/хв нерівномірність видачі корму кормороздавачем збільшується при видачі розсипного комбікорму із застосуванням спіралі № 1 в 1,09 рази (від 3,71

до 4,06 %), спіралі № 2 в 1,09 рази (від 3,27 до 3,58 %), спіралі № 3 в 1,06 рази (від 4,06 до 4,32 %) і спіралі № 4 в 1,08 рази (від 3,52 до 3,8 %), а при видачі кормосуміші № 6 відповідно в 1,06 рази (від 5,10 до 5,41 %), 1,06 (від 4,62 до 4,9 %), 1,03 (від 4,48 до 5,62 %) і в 1,06 рази (від 4,88 до 5,19 %).

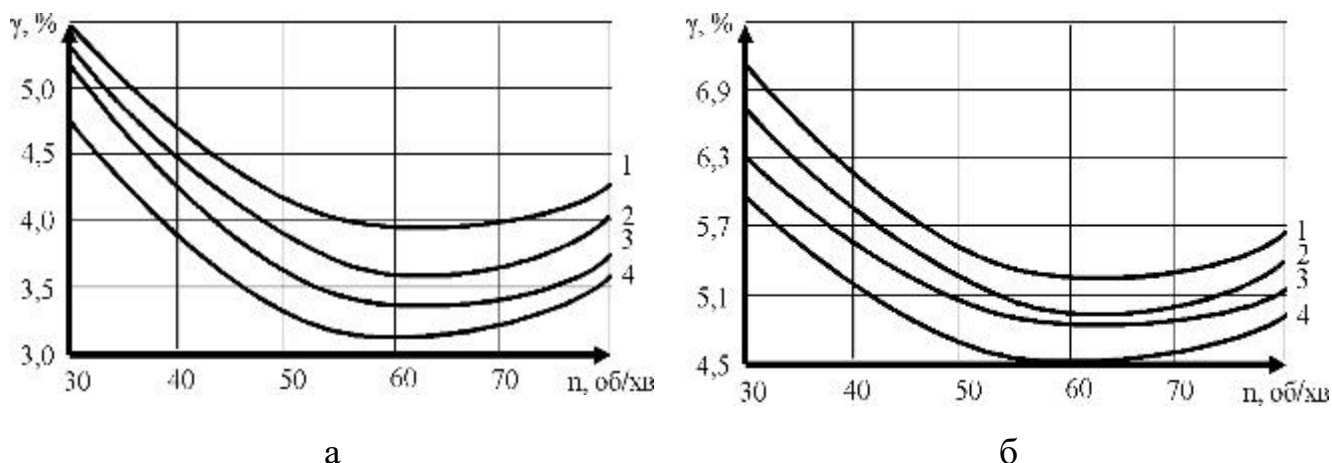


Рисунок 4.6 – Залежність нерівномірності видачі корму γ (%) від частоти обертання n (об/хв) спіралей при ступені відкриття випускного отвору $F_{от} = 75\%$: а) дозування розсипного комбікорму ($W = 12,6\%$); б) дозування кормосуміші № 6 (30% люцерни +70% комбікорму) $W = 32,57\%$; 1 – спіраль № 3; 2 – спіраль № 1; 3 – спіраль № 4; 4 – спіраль № 2

4.3 Висновки з розділу

1. Одержані рівняння регресії дозволяють вести розрахунки коефіцієнтів витікання μ випускних отворів квадратної (4.26) та круглої (4.27) форм. Значення коефіцієнтів форми випускного отвору $K_{от}$ становлять: для круглих отворів $K_{от} = 1$; для квадратних отворів $K_{от} = 0,96-0,99$ (менші значення характерні для грубозернистих, більші – для дрібнозернистих сипких кормів).

2. Аналізуючи дані продуктивності шнека і спіралей легко замітити, що продуктивність кормороздавача при застосуванні шнека майже в 1,5 рази вища ніж при застосуванні спіралей, що можна пояснити різними площами витків спіралей і стрічки шнека, транспортуючих корм.

3. На основі проведених порівняльних досліджень можна стверджувати, що в кормороздавачах кліткових батарей доцільніше використовувати спіральні-гвинтові робочі органи з таких причин: спіралі повністю забезпечують необхідну продуктивність кормороздавача кліткових батарей щодо зоотехнічних вимог по тривалості роздачі корму; нерівномірність дозування, що є головним, спіральними робочими органами по відношенню до шнекових майже не відрізняються, а у випадку застосування спіралі № 2 вона в 1,06 рази менша ніж при застосуванні шнека.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

1. Оцінка небезпечних і шкідливих факторів у робочому середовищі

Робоче середовище на птахофермі, особливо при клітковому утриманні птиці, характеризується наявністю низки небезпечних і шкідливих факторів, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників. При роботі з системою роздачі кормів можна виділити наступні основні фактори:

- **Механічні фактори:** Рухомі частини роздавача кормів можуть створювати ризик травмування через контакт із механізмами. Особливо небезпечними є транспортери та механізми подачі кормів, які можуть зтягнути одяг або частини тіла.

- **Підвищений рівень шуму:** Робота механізмів подачі кормів супроводжується підвищеним рівнем шуму, який може перевищувати допустимі норми та негативно впливати на слух.

- **Запиленість повітря:** Кормові суміші часто містять дрібнодисперсні частинки, які утворюють запиленість у приміщеннях для утримання птиці. Постійне вдихання пилу може призвести до захворювань дихальної системи.

- **Мікроклімат:** Температурні умови, рівень вологості та концентрація аміаку в повітрі можуть бути шкідливими для здоров'я. На фермах зазвичай підвищені рівні аміаку та вуглекислого газу, що може призводити до подразнення дихальних шляхів і шкіри.

- **Підвищена фізична навантаженість:** Робота з роздавачем кормів може бути пов'язана з фізичними навантаженнями через необхідність регулярного обслуговування та налагодження обладнання.

2. Методи захисту працівників від небезпечних і шкідливих факторів

Для мінімізації впливу небезпечних та шкідливих факторів на птахофермі необхідно впроваджувати такі методи захисту:

- **Коллективні засоби захисту:**

- **Звукоізоляція та антивібраційні системи:** Обладнання для роздачі кормів має бути оснащене засобами зниження шуму і вібрації. Можливе використання спеціальних екранів або кожухів, що знижують шумове навантаження.

- **Вентиляційні системи:** Для боротьби з запиленістю та високими рівнями аміаку необхідно забезпечити ефективну вентиляцію в приміщеннях. Системи вентиляції мають бути розраховані на постійне оновлення повітря.

- **Механічні захисні пристрої:** Захисні кожухи на рухомих частинах механізмів роздачі кормів знижують ризик травм. Також важливо обладнати систему блокування для автоматичного відключення обладнання в разі відкриття захисних кожухів.

- **Індивідуальні засоби захисту (ІЗЗ):**

- **Захисні окуляри та респіратори** для захисту органів дихання від пилу.

- **Протишумові навушники або беруші** для зниження рівня шумового впливу.

- **Рукавички**, що запобігають травмам рук під час обслуговування системи роздачі кормів.

- **Спеціальне взуття з захисними вставками**, яке забезпечує стійкість на слизькій підлозі та захищає від падіння важких предметів.

3. Правила безпечного виконання робіт із системою роздачі кормів

Безпечна експлуатація системи роздачі кормів на птахофермі потребує дотримання низки правил:

1. **Перед початком роботи** слід перевірити технічний стан обладнання, переконатися у відсутності видимих пошкоджень та справності блокувальних пристроїв.

2. **Обов'язковий інструктаж** для працівників, що працюють з роздавачем кормів, із питань безпечного використання обладнання, із акцентом на зони підвищеної небезпеки.

3. Під час роботи забороняється проводити налагодження або очищення рухомих частин обладнання, поки воно не відключене від джерела живлення.

4. Використання *ІЗЗ* є обов'язковим під час роботи з кормороздавачем: респіратори для захисту від пилу, рукавички для безпечного контакту з механізмами, захисні окуляри.

5. **Регулярне технічне обслуговування:** працівники мають проводити періодичний огляд обладнання, своєчасно замінювати зношені деталі і проводити мастило рухомих частин.

6. Слід уникати залишення сторонніх предметів у зоні дії механізмів роздачі кормів, що може призвести до поломок або травм.

4. Дії під час надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації на птахофермі можуть виникати через поломки обладнання, пожежі, аварії на системах енергопостачання або вентиляції. Важливо знати порядок дій у таких випадках:

1. **Аварійне відключення** системи роздачі кормів: у разі непередбаченої поломки чи аварії обладнання, оператор повинен негайно відключити систему від джерела живлення.

2. **Пожежна безпека:** на птахофермі мають бути встановлені пожежні сигналізації та вогнегасники в зонах розміщення кормових систем. У разі пожежі слід негайно евакуювати персонал і застосувати первинні засоби пожежогасіння.

3. **Евакуація працівників:** у разі виникнення загрози для життя або здоров'я, евакуація повинна бути організована згідно з розробленими планами евакуації, які повинні бути в кожному робочому приміщенні.

4. **Дії при ураженні працівника:** у разі травми під час роботи з системою роздачі кормів, необхідно негайно зупинити роботу обладнання і надати першу медичну допомогу потерпілому. Якщо травма серйозна, слід викликати медичну допомогу.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РОЗДАВАЧА КОРМІВ

Розрахунки економічної ефективності кормороздавачів виконувалися за диференціальною оцінкою – методом послідовного порівняння абсолютних значень показників базового та порівнюваного варіантів з використанням нормативно – довідкової літератури.

Для розрахунку економічної ефективності розробленого роздавача за аналоги прийнято три найбільш поширені в нашій країні серійні конструкції роздавачів, характерних для кожної групи кліткового устаткування, тобто роздавачів, які підлягають заміні розробленою уніфікованою конструкцією. Це – бункерний навісний кормороздавач кліткової батареї КБУ-3, тросошайбовий роздавач БКН-ЗА-29.000, ланцюговий роздавач БКМ-3-35.000.

За критерій ефективності приймають приведені витрати на одиницю напрацювання, а як звичайні показники – прямі експлуатаційні витрати, річний економічний ефект, витрати праці та енергоресурсів на одиницю напрацювання. Вихідні дані для розрахунків наведені в табл. 6.1.

Значення нерівномірності дозування бункерного навісного кормороздавача кліткової батареї КБУ-3 і ланцюгового роздавача БКМ-3-35.000 прийняті за даними досліджень, а по тросошайбовому роздавачу БКН-ЗА-29.000 за даними державних випробувань. Вартість устаткування в базовому і новому варіантах, транспортні й накладні витрати, вартість монтажу, кормів, електроенергії, та інші розцінки.

Для виявлення оптимальних розмірів кліткової батареї, для якої доцільно застосовувати розроблений роздавач, на основі одержаних економічних розрахунків побудована графічна залежність приведених витрат на видачу корму в годівниці, в залежності від поголів'я птиці, що утримується в батареї (рис. 6.1).

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для техніко-економічної оцінки роздавача

Найменування даних	Позначення	Розроблений роздавач	Базові машини		
			Бункерний навісний КБУ-3	Тросошайбовий БКН-3А-29.000	Ланцюговий БКМ-3-35.000
Поголів'я птиці, обслуговування роздавачем	U	4080	2968	2520	4080
Максимальна норма видачі корму за одну роздачу	n	0,046	0,035	0,035	0,043
Число роздач на добу	Π_p	4	4	4	4
Довжина кормового фронту	$L_{\text{кф}}$	40	40	40	40
Нерівномірність видачі корму	u	6	17,4	10,6	22,2
Річні непродуктивні витрати корму	Π_p	-	68	37,3	22
Річне напрацювання	T_H	65	88	65	48
Коефіцієнт технічного використання	$K_{\text{ТВ}}$	0,7	0,7	0,7	0,7
Оптова ціна виробу	Π_o	2700	2500	2800	3000
Коефіцієнт, який залежить від строку служби	t	0,21	0,21	0,21	0,21
Вартість монтажу	Q_M	540	500	560	600
Термін служби виробу	$T_{\text{сл}}$	9	9	9	9
Маса машини	M	258	242	785	843
Установлена потужність	N	0,7	0,55	3	1,1
Частка нормативного часу на ТО і ремонт	$K_{\text{ор}}$	0,27	0,27	0,27	0,27
Питомі енергозатрати на ТО і ремонт	$Q_{\text{ор}}$	0,048	0,048	0,211	0,211
Частка амортизаційних відрахування від оптової ціни	G_a	0,166	0,166	0,166	0,166
Питома енергоємність процесу	G_e	0,508	0,411	2,591	1,798
Вартість натуральної одиниці енергоносія	C_e	0,061	0,061	0,113	0,113
Питомі витрати праці	G_T	0,017	0,017	0,022	0,022
Вартість однієї години роботи оператора	C_T	0,681	0,681	0,681	0,681
Питомі енергозатрати на виробництво машини	Q_M	28,6	28,6	28,6	28,6
Енергетичний еквівалент енергоносія	Q_e	12	12	12	12
Питомі енергозатрати праці оператора	Q_T	1,171	1,171	1,306	1,306

Аналіз одержаних результатів (рис. 6.1) дозволяє заключити, що застосування розробленого роздавача нормованої годівлі найбільш доцільно при утриманні в клітковій батареї $U = 3000$ голів птиці, при цьому зменшуються приведені витрати Π_v до 5,9 грн/кг (у порівнянні з роздавачем

КБУ-3 – в 1,4 рази). Річний економічний ефект E_T від впровадження розробленого кормороздавача збільшується від 40,9 до 59,5 тис. грн.

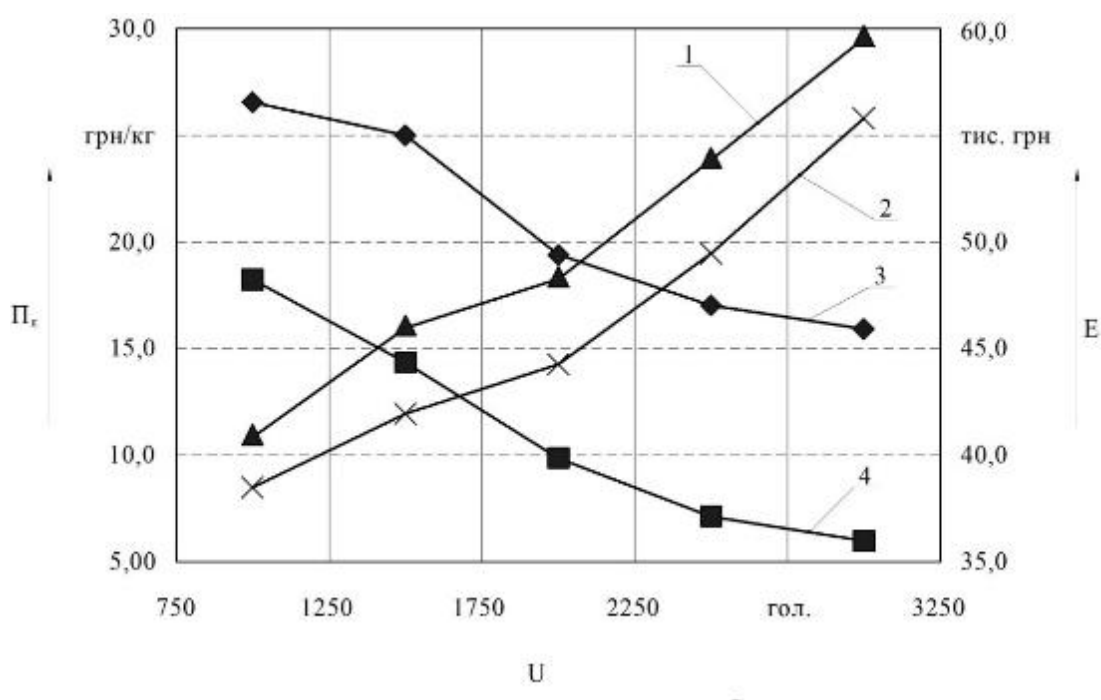


Рисунок 6.1 – Залежність приведених витрат праці на роздачі кормів і річного економічного ефекту від кількості птиці що утримується в клітковій батареї: а) річний економічний ефект: 1 – розроблений роздавач; 2 – роздавач КБУ-3; б) приведені витрати: 3 – роздавач КБУ-3; 4 – розроблений роздавач

З одержаних економічних розрахунків випливає, що застосування розробленого мобільного навісного кормороздавача для нормованої годівлі $U = 3000$ гол. птиці, що утримується в клітковій батареї, дозволяє знизити річні витрати ручної праці Z_p в 1,3 рази, в порівнянні з мобільним роздавачем кліткової батареї КБУ-3.

Термін окупності роздавача T_o становить від 0,8 до 3,88 років (рис. 6.2). Економія корму на клітковій батареї з 3000 гол. птиці за рахунок більш точного дозування становитиме в середньому 55,8 кг на добу або 12,4 % усередненої добової норми і дорівнюватиме 59480,53 грн.

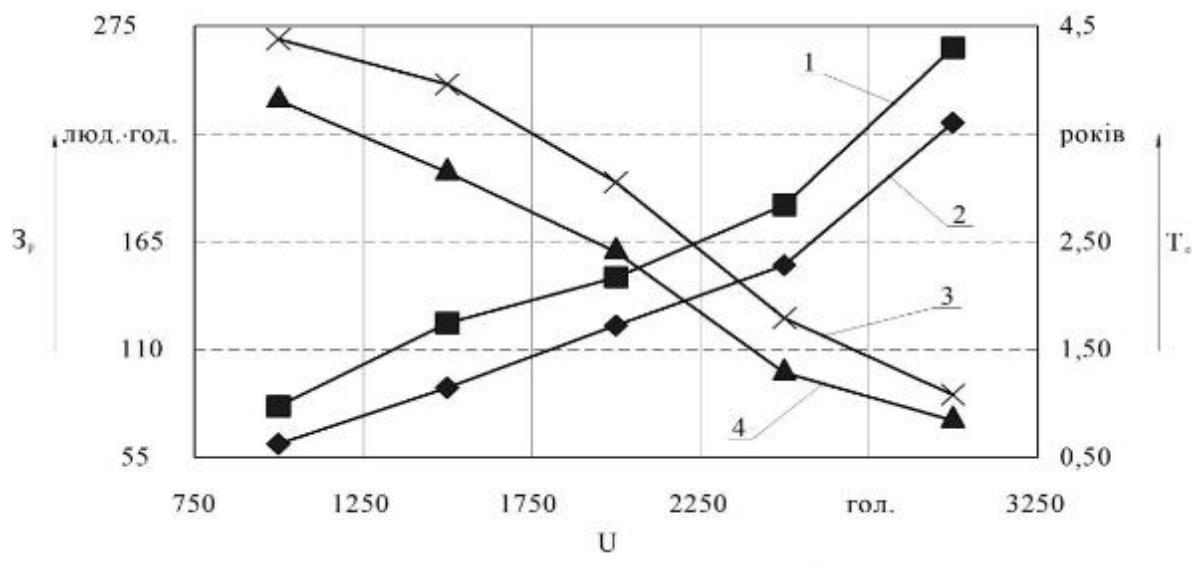


Рисунок 6.2 – Залежність річної економії праці й терміну окупності від кількості птиці, що утримується в клітковій батареї: а) річна економія витрат праці: 1 – розроблений роздавач; 2 – роздавач КБУ-3; б) термін окупності: 3 – роздавач КБУ-3; 4 – розроблений роздавач.

Розроблений роздавач дає змогу повністю механізувати процес дозованої видачі кормів вологістю до 30 %, тобто відповідає сучасним вимогам розвитку птахівництва на промисловій основі. Використання роздавача на кліткових батареях із поголів'ям від 1000 до 4000 голів птиці, в порівнянні з кращими зразками вітчизняних машин, дозволяє за рахунок більш рівномірної видані корму отримати річний економічний ефект від 39711,1 до 59485,3 грн.; термін окупності роздавача становить від 0,8 до 3,88 років. Якість роботи та ступінь відповідності конструкції розробленого роздавача, комплексу запропонованих вимог та позитивні результати виробничої перевірки роздавача свідчать про доцільність його використання.

ВИСНОВКИ

1. Найбільш ефективним методом годівлі птиці при клітковому утриманні є щодобове обмеження норми видачі корму (по масі) від споживаного досхочу. Цей метод сприяє підвищенню живої ваги і птиці на 2,3-6,2 %, зниженню витрат корму на 1 кг приросту на 0,8-6,9 %, поліпшенню м'ясних якостей птиці. Корм птиці ефективніше згодовувати у вигляді кормосумішей, приготовлених на основі сухого розсипного комбікорму з додаванням подрібненої зеленої маси у межах 20-30 % до маси сухої частини раціону. Це дозволяє збалансувати комбікорми по загальній поживності мікроелементами і вітамінами, а за рахунок цього підвищити продуктивність птиці на 10-25 %.

2. Розроблена конструкція роздавача, розрахована на комбінований тип годівлі птиці та уніфікована із серійним клітковим обладнанням; дозволяє плавно змінювати норму видачі корму, окремо на кожному ярусі батареї, враховуючи прийнятий раціон годівлі, кількість, біологічний стан і вік птиці, яка утримується на даному ярусі.

3. На основі проведених теоретичних досліджень одержані формули для визначення з достатньою точністю конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи мобільного кормороздавача нормованої годівлі птиці: продуктивності горизонтального робочого органа із зустрічною навивкою, що працює в глибині сипкого середовища на дні бункера; площі випускного отвору бункера кормороздавача; частоти обертання робочого органа; витрат енергії на привод робочих органів кормороздавача.

4. В результаті досліджень фізико-механічних властивостей кормових сумішей встановлено, що коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя по сталі збільшуються відповідно в 1,4 (від 0,52 до 0,73) і в 1,2 рази (від 0,81 до 0,99) в залежності від масової долі люцерни в кормосуміші та маси вантажу. Найменші коефіцієнти зовнішнього $f_{\text{зн}}$ та внутрішнього $f_{\text{вн}}$ тертя при 5 %-му вмісті люцерни в кормосуміші і масі вантажу 2 кг, а найбільші при 30 %-му і

масі вантажу 12 кг при визначенні коефіцієнтів зовнішнього тертя та 6 кг – внутрішнього. При збільшенні швидкості ковзання в 4 рази (від 0,05 до 0,20 м/с) коефіцієнти зовнішнього тертя по сталі збільшуються в 1,17-1,66 рази (від 0,48 до 0,56 для кормосуміші №1 і від 0,73 до 1,21 для подрібненої люцерни), а ці ж коефіцієнти тертя по пластмасі – в 1,18-1,58 рази (від 0,67 до 0,79 для кормосуміші №5 і від 0,26 до 0,41 для зернової суміші). Для визначення коефіцієнтів зовнішнього тертя $f_{\text{зн}}$ кормів для птиці по сталі і пластмасі, в залежності від швидкості ковзання V (м/с), щільності ρ (кг/м) та вологості W (%) норму, одержані рівняння регресії.

5. В результаті аналізу одержаних математичних моделей встановлені оптимальні параметри та режими роботи мобільного роздавача нормованої годівлі птиці, що забезпечують нерівномірність видані, як сухих розсипних комбікормів, так і кормосумішей з додаванням подрібненої зеленої маси: крок навивання спірального-гвинтового робочого органу 45 мм; частота обертання робочих органів 70 об/хв; швидкість руху роздавача уздовж батареї $V_p = 0,06$ м/с. Збільшення частоти обертання спіральних-гвинтових робочих органів понад 70 об/хв недоцільно, через збільшення нерівномірності видачі корму понад 6,5 %.

6. Розроблений роздавач дає змогу повністю механізувати процес дозованої видачі кормів вологістю до 30 %, тобто відповідає сучасним вимогам розвитку птахівництва на промисловій основі. Використання роздавача на кліткових батареях із поголів'ям від 1000 до 4000 голів птиці, в порівнянні з кращими зразками вітчизняних машин, дозволяє за рахунок більш рівномірної видані корму отримати річний економічний ефект від 39711,1 до 59485,3 грн.; термін окупності роздавача становить від 0,8 до 3,88 років. Якість роботи та ступінь відповідності конструкції розробленого роздавача, комплексу запропонованих вимог та позитивні результати виробничої перевірки роздавача свідчать про доцільність його використання.

Бібліографія

1. Алієв Е. Б. (2023). Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 340 с. ISBN 978-966-540-584-9. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9.
2. Кроси і лінії в птахівництві: методичні вказівки і завдання для лабораторних занять студентів за спеціальністю «Зооінженерія» по дисципліні «Птахівництво і технологія виробництва продукції птахівництва» / Г. І. Кравець. Х.: ХДЗВА, 2004. 10 с.
3. Кравець Г. І. Селекція сільськогосподарської птиці: методичні вказівки і завдання для лабораторних занять студентів технологічного факультету по спеціалізації «Птахівництво». Х.: ХДЗВА, 2004. 28 с.
4. Рубан Б. В. (2004). Сучасний стан розвитку галузі птахівництва і кадрове забезпечення. Підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин: збірник наукових праць ХНАУ, ХДЗВА, 14, 131–134.
5. Свириденко О. І. (2005). Технологічний спосіб стимулювання росту курчат бройлерів. Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: збірник наукових праць ХДЗВА, вип. 12(37), ч. 3-4, 187–191.
6. Кравець Г. І. (2006). Сучасні яичні і м'ясні кроси кур. Підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин: збірник наукових праць ХНАУ, ХДЗВА, 16, 355–360.
7. Свириденко О. І. (2006). Вплив стимулювання росту на продуктивність та морфологічні зміни в організмі курчат-бройлерів. Підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин: збірник наукових праць ХНАУ, ХДЗВА, 16, 382–385.
8. Лемешева М. М., Кравець Г. І., Гончаренко Н. А. (2007). Кадрове забезпечення птахівництва в Україні. Підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин: збірник наукових праць ХДЗВА, 17, 240–243.

9. Бондаренко О. М. (2008). Професор О. П. Бондаренко про галузь птахівництва Полтавщини. Підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин: збірник наукових праць ХДЗВА, 18, 228–232.
10. Broas, P. (2001). Advantages and problems of CAVE-visualisation for design purposes. VTT Symposium "Virtual Prototyping". Espoo, Finland, February 1, 2001. 73–81. Retrieved from <http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2001/S210.pdf>.
11. Bai, C. (1996). Modelling of spray impingement processes. Ph.D Thesis, University of London.
12. Bai, C., & Gosman, A. D. (1995). Development of methodology for spray impingement simulation. SAE Technical Paper Series, 950283.
13. Cundall, P. A., & Strack, O. D. L. (1979). A discrete numerical model for granular assemblies. *Geotechnique*, 29, 47–65.
14. Johnson, K. L. (1985). *Contact Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press.
15. Johnson, K. L. (1987). *Contact Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press.
16. Walton, O. R. (1993). Numerical simulation of inelastic, frictional particle-particle interactions. In M. C. Roco (Ed.), *Particulate Two-Phase Flow* (pp. 884–911). Stoneham, MA: Butterworth-Heinemann.
17. Crowe, C. T., Sommerfeld, M., & Tsuji, Y. (1998). *Multiphase Flows with Droplets and Particles*. Boca Raton: CRC Press.
18. Schiller, L., & Naumann, A. (1933). Ueber die grundlegenden Berechnungen bei der Schwerkraftaufbereitung. *VDI Zeits*, 77(12), 318–320.
19. Milne-Thompson, L. M. (1968). *Theoretical Hydrodynamics* (5th ed.). New York: McMillan.
20. Di Renzo, A., & Di Maio, F. P. (2004). Comparison of contact-force models for the simulation of collisions in DEM-based granular flow codes. *Chemical Engineering Science*, 59, 525–541.
21. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держстандарт України, 1999. 22 с.

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

23. Алієв, Е. Б., Миколенко, С. Ю., Сова, Н. А. та ін. (2022). Техніко-технологічне забезпечення безвідходної переробки зернової сировини у харчові продукти і корми: колективна монографія / За заг. ред. Е. Б. Алієва. Дніпро: ЛПА. 192 с. ISBN 978-966-981-687-0.

24. Aliiev, E., Maliehin, R., Ivliev, V., & Aliieva, O. (2021). Simulation of the process of cavitation treatment of liquid feed. *Scientific Horizons*, 24(2), 16–26. DOI: 10.48077/scihor.24(2).2021.16-26.

25. Шевченко, І. А., Алієв, Е. Б., & Доруда, С. О. (2013). Моделювання процесу потокового змішування кормосумішей з використанням методу дискретних елементів. *Механізація та електрифікація сільського господарства*, вип. 97, том 1, 536–544.

26. Доруда, С. О., & Алієв, Е. Б. (2013). Усовершенствование конструктивно-технологической схемы смесителя-кормораздатчика потокового типа. *Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой ведущим ученым БГАТУ*, 260–263.

27. Доруда, С. О., & Алієв, Е. Б. (2015). До оцінки якості роботи змішувача-кормороздавача потокового типу. *Інтенсифікація кормовиробництва – основа сталого розвитку галузі тваринництва: збірник наукових праць*, 75–77.

28. Алієв, Е. Б., Луц, П. М., & Верета, В. В. (2019). Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми роторно-кавітаційного диспергатора кормосумішей. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України*, 17–25.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

**Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів
перистальтичного насоса системи промивання доїльної установки**

Додатки

Виконав: магістрант групи МГАІз-1-23
Чернолецька Анна Василівна

Керівник: доктор філософії
Лушко Кристина Олегівна

Дніпро, 2024

Мета роботи полягає в обґрунтуванні та розробці оптимальної конструктивно-технологічної схеми і параметрів робочих органів, а також режимів роботи мобільного роздавача кормів, який забезпечить необхідну якість дозування та роздачі сухих і вологих кормосумішей в умовах клітково-батарейного утримання птиці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

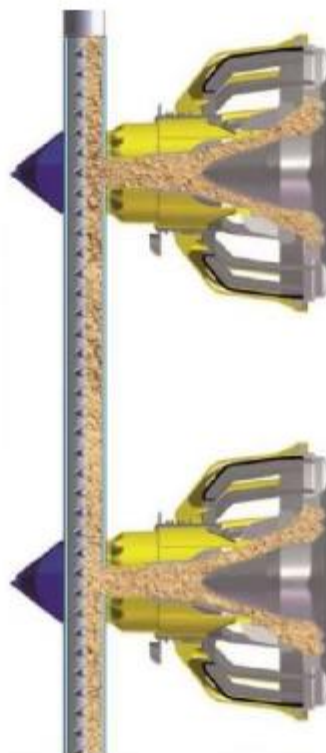
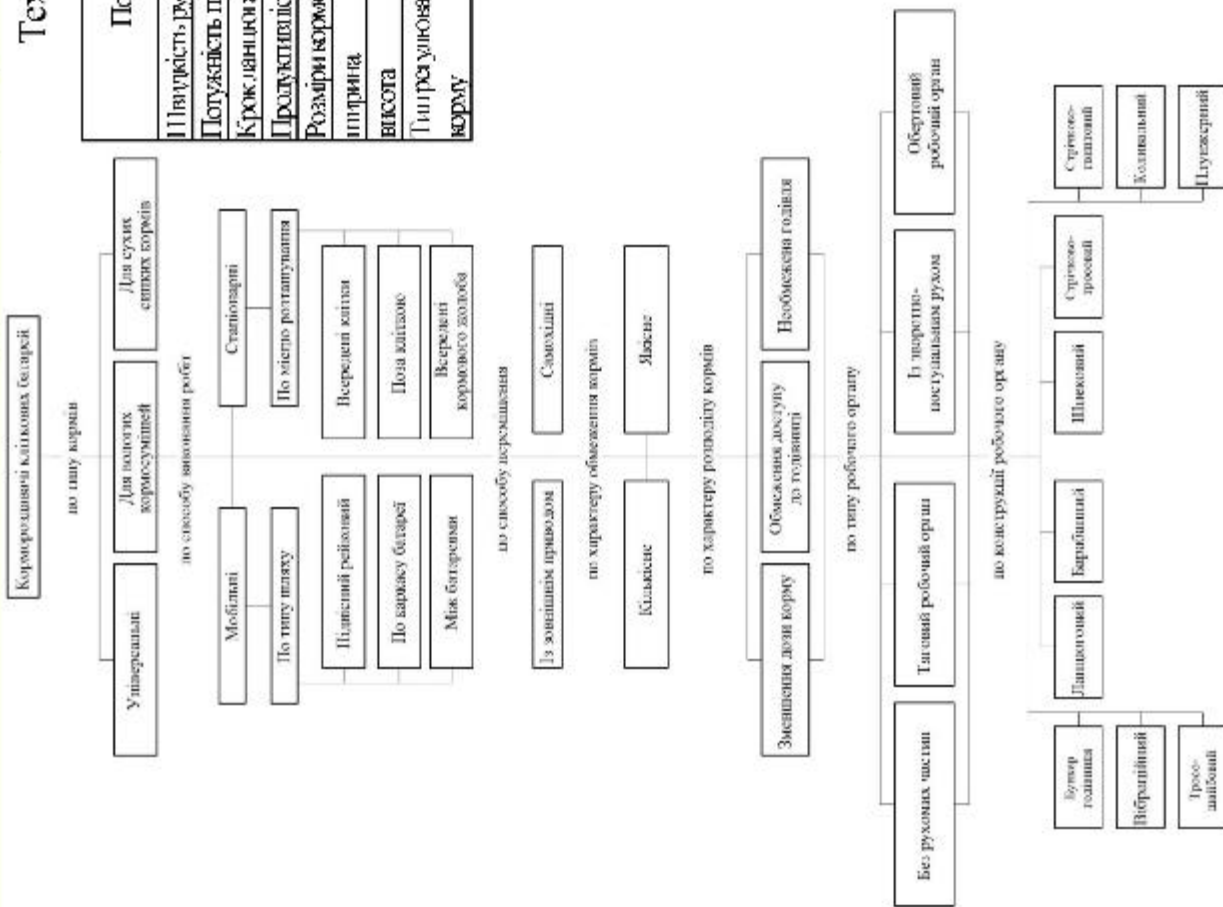
- провести аналіз стану питання та обґрунтувати раціональні способи годівлі і конструктивно-технологічну схему роздавача сухих кормосумішей для умов клітково-батарейного утримання птиці;
- розробити технологічні закономірності, на основі яких встановити вплив взаємозв'язків між конструктивно-технологічними і режимними параметрами робочих органів роздавача в цілому та фізико-механічними властивостями кормів на показники якості, технологічні, експлуатаційні й економічні показники процесів дозування та роздачі сухих кормосумішей в умовах обмеженої годівлі та клітково-батарейного утримання птиці;
- провести чисельне моделювання і з урахуванням теоретичних розробок обґрунтувати оптимальні конструктивно-технологічні та режимні параметри робочих органів мобільного роздавача кормів;
- розрахувати техніко-економічні показники запропонованого мобільного роздавача кормів.

Аналіз конструкцій кормороздавачів кліткових батарей

3

Технічні характеристики ланцюгових роздавачів

Показник	КБР-2 (Росія)	Мейс (Німеччина)	Валі (Італія)	МРР-3 (Німеччина)	ХКР-3 (Угорщина)
Швидкість руху ланцюга, м/хв	5,1	5,2	4	3,6	3,6
Потужність приводу, кВт	0,6	0,75	0,75	0,25	0,25
Крок ланцюга, мм	43	44,27	45	42	42
Продуктивність, кг/рік	190	180-200	300	100-300	257
Розміри кормового ланцюга, мм:					
Довжина	120	88,4	120	120	120
Висота	80	94,2	80	40/120	80
Тип траулів/яни норми/видів корму	-	Гумова застібка	-	Шпоровий пристрій	-



Годівниця зі спіральним робочим органом



Тросошайбовий роздавач кормів

Обґрунтування вибору конструктивно-технологічної схеми мобільного кормороздавача

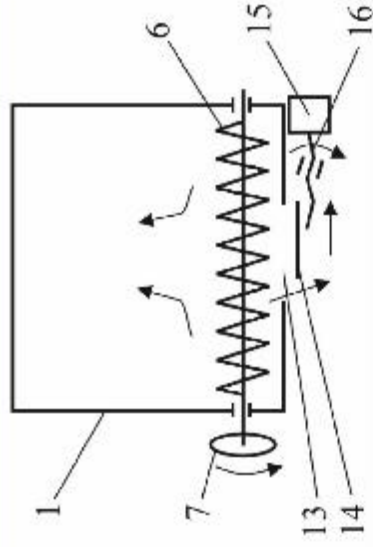
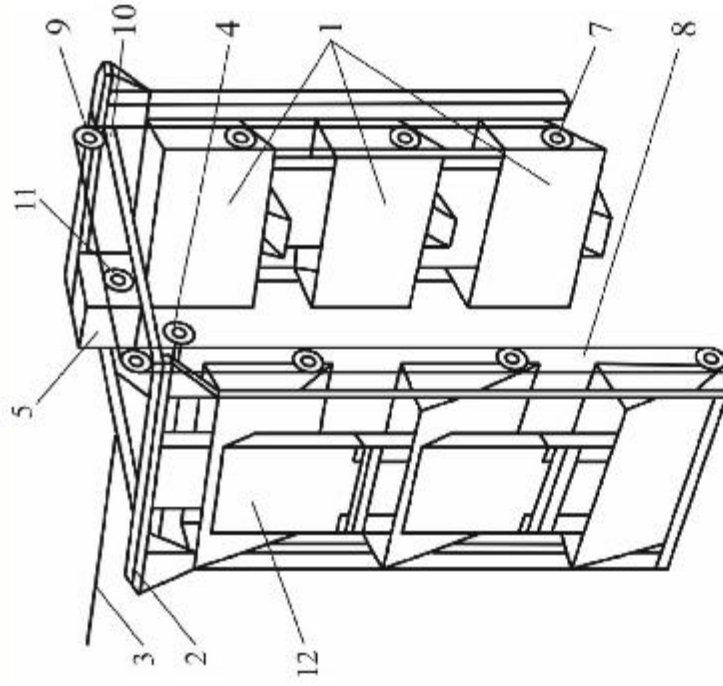


Схема розробленого навісного бункерного роздавача: а - загальний вигляд; б - схема бункера кормороздавача; 1 - бункер; 2-рама; 3 - гросовий привод; 4 - колеса; 5 - редуктор; 6 - робочий орган; 7 - приводна зірочка; 8 - ланцюгова передача; 9 - передатна зірочка; 10 - кронштейн; 11 - зірочка редуктора; 12 - пересипний рукав; 13 - випускний отвір; 14 - заслінка; 15 - керуючий механізм; 16 - шток; 17 - спускний жолоб

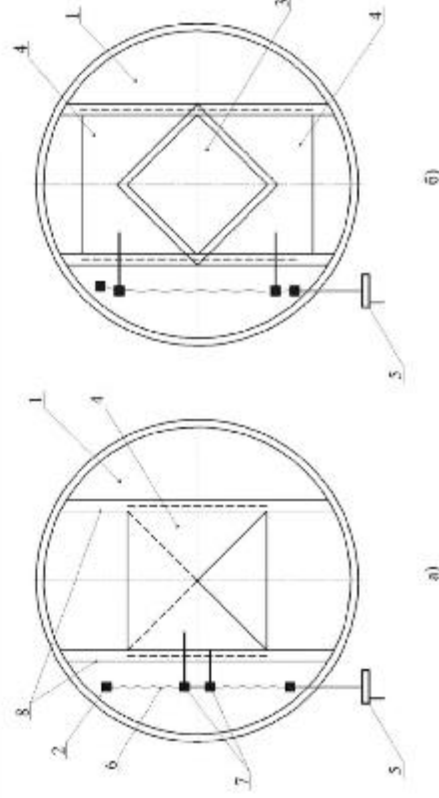
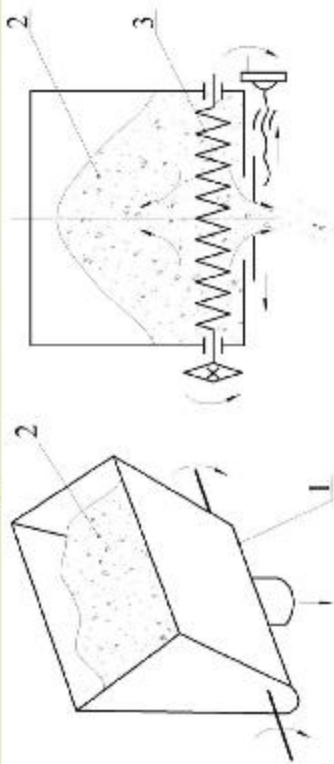


Схема переміщення заслінок випускного отвору бункера (вид знизу): а – закриті положення; б – цілком відкритий отвір; 1 – рама; 2 – кронштейн; 3 – випускний отвір; 4 – заслінка; 5 – важіль; 6 – шток; 7 – крошштейн; 8 – направляюча



Математична модель видачі корму з бункера роздавача

$$\sum_{i=1}^U m_{pi} \cdot M_i \cdot V_p \cdot L_{\text{год}} = \mu \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{отр}} \cdot K_{\text{от}} \cdot F_{\text{от}} \cdot \lambda_3 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

де μ – коефіцієнт витікання; $K_{\text{от}}$ – коефіцієнт, що враховує форму отвору; $F_{\text{от}}$ – площа отвору витікання; λ_3 – коефіцієнт запасу; $\lambda_3 = 0,2-0,65$; g – прискорення вільного падіння; h – висота стовпа сипкого матеріалу

Рух корму в бункері роздавача в процесі його дозованої видачі:
 1 – бункер, 2 – шар корму, спіралью-гвинтовий робочий орган.

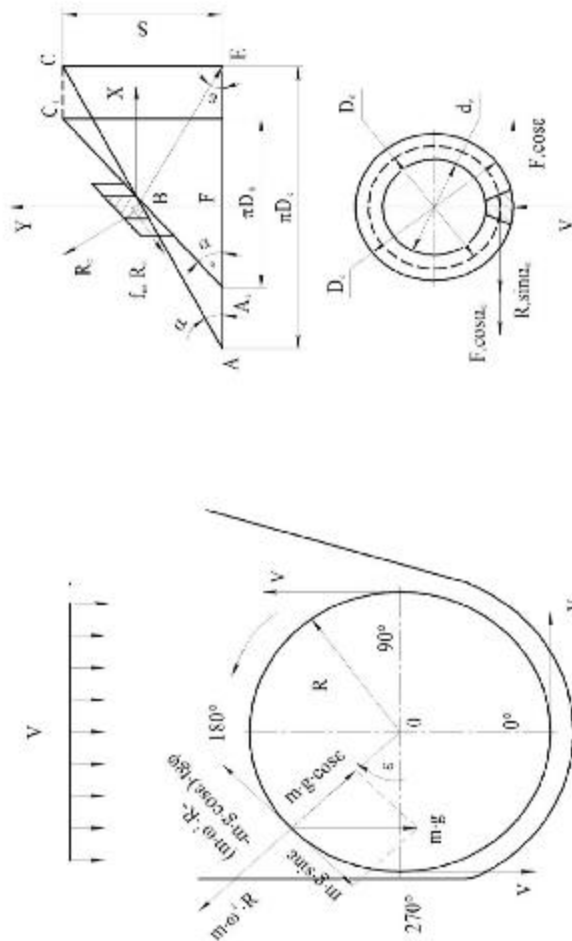


Схема сил діючих на частинку корму

Схема сил, прикладених до частинки сипкого тіла, що рухається по гвинтовій лінії

Площа випускного отвору бункера

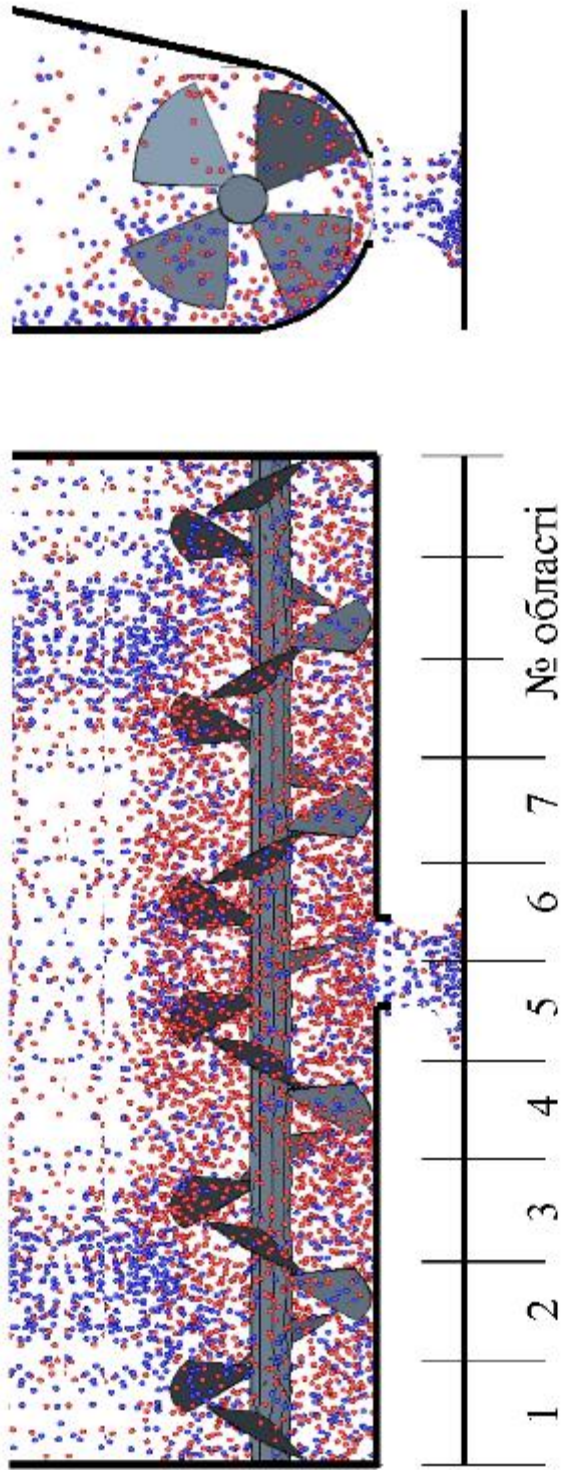
$$F_{\text{от}} = \sum_{i=1}^U m_{pi} \cdot M_i \cdot V_p$$

Частота обертання робочого органу

$$n = \frac{\sum_{i=1}^U m_{pi} \cdot M_i \cdot V_p}{L_{\text{от}} \cdot 31,416 \cdot D_c^2 \cdot S \cdot \rho \cdot K_p}$$

Витрати енергії

$$N_{\text{в.м.}} = \frac{\pi^2 \cdot d_c^2 \cdot L_c \cdot \rho \cdot H_K \cdot n \cdot f_{\text{от}} \cdot t g \epsilon \cdot 10^3}{102 \cdot 60 \cdot \cos \alpha_1 \cdot (t g \alpha + t g \epsilon)}$$



Розрахункова схема проведення чисельного моделювання процесу роздавача кормів

Технічна характеристика досліджуваних робочих органів

№ п/п	Тип	Зовнішній діаметр, мм	Крок навівки, мм	Профіль перерізу прокату	Переріз прокату, мм
1	Шнек	40	50	Полоса	
2	Спіраль № 1	40	40	Круг	6
3	Спіраль № 2	40	60	Круг	6
4	Спіраль № 3	40	100	Круг	6
5	Спіраль № 4	40	40	Полоса	4,5×10

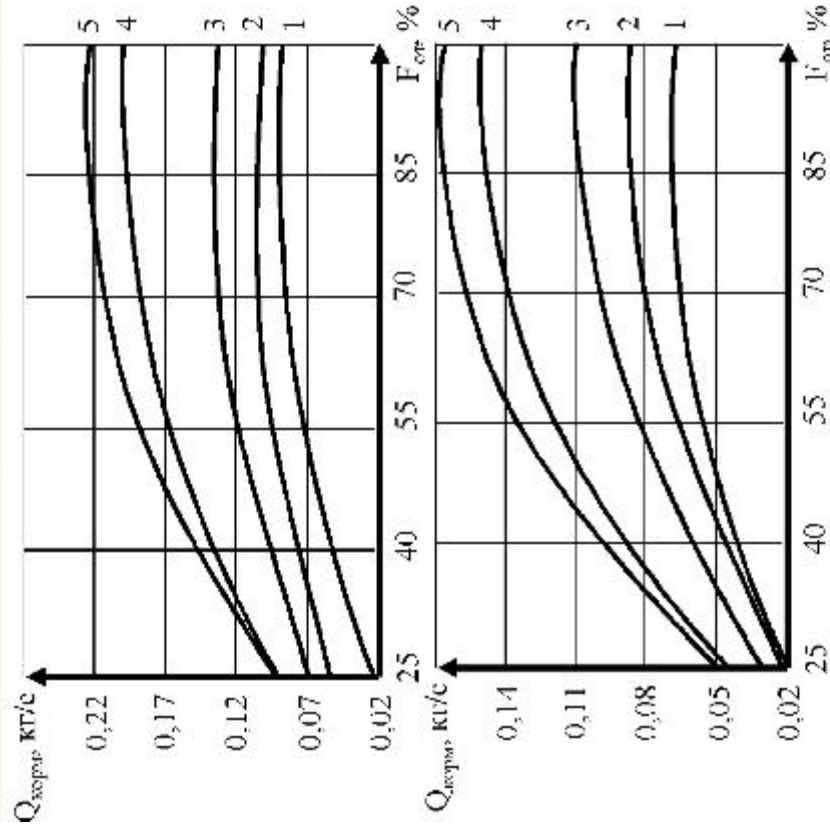
Для імітації руху роздавача вподовж кліткової батареї під бункером змодельована транспортерна стрічка. Під час чисельного дослідження корм з бункера видається в розміщені області, що розміщені на стрічці. Швидкість руху стрічки змінюється в межах 0,05-0,15 м/с.

Досліджувалися два типи гвинтових робочих органів роздавача: шнек і спірالی різних геометричних розмірів.

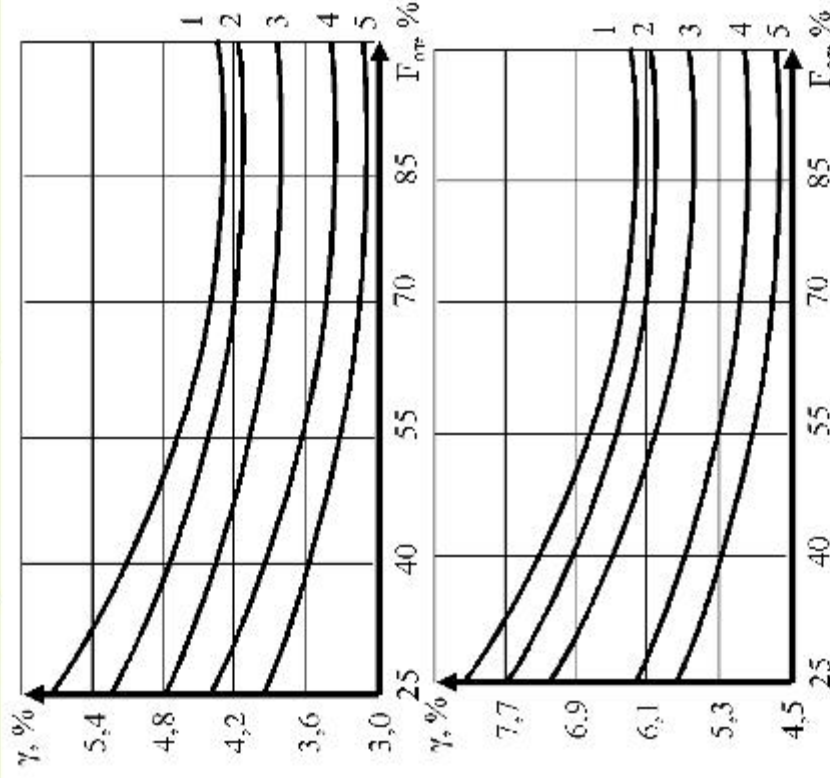
Частота обертання досліджуваних робочих органів змінювали в межах 30-100 об/хв.

Результати чисельного моделювання роздавача кормів

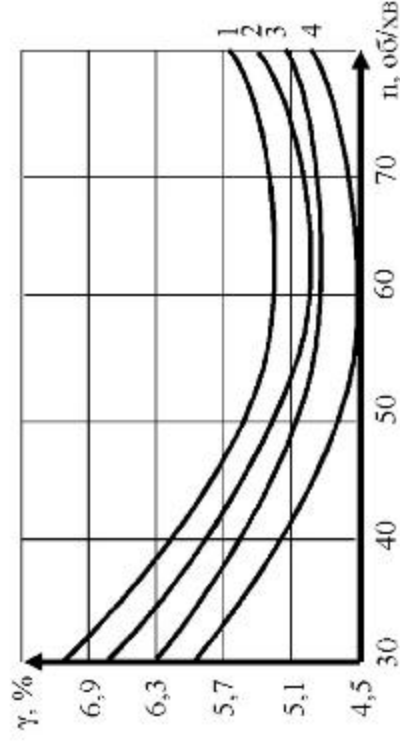
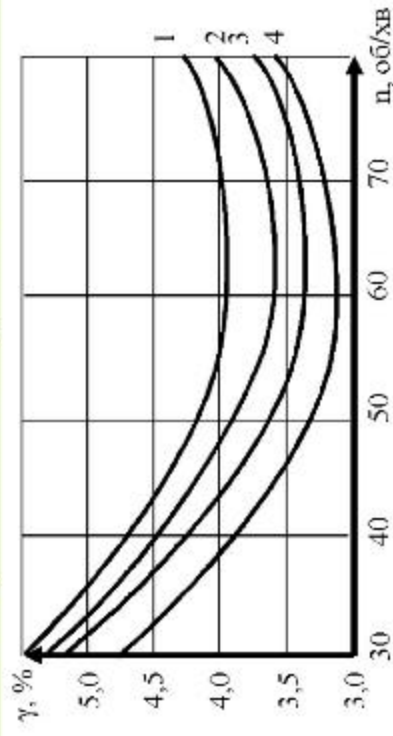
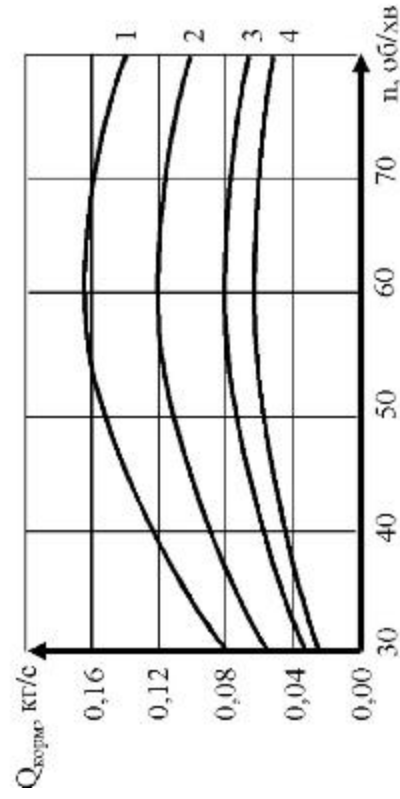
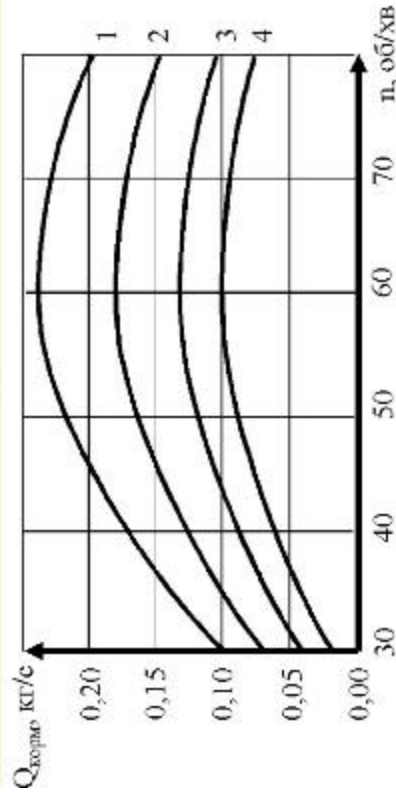
7



Залежність продуктивності роздавача $Q_{\text{корм}}$ (кг/с) від ступеня відкриваша випускного отвору $F_{\text{от}}$ (%) при різній частоті обертання n (об/хв) шнека: а) дозування комбікорму ($W = 12,6\%$); б) дозування кормосуміші № 6 (30% лопчерні+70% комбікорму); $W = 32,57\%$; 1 – 30 об/хв; 2 – 40 об/хв; 3 – 50 об/хв; 4 – 70 об/хв; 5 – 100 об/хв



Залежність нерівномірності видачі корму γ (%) від ступеня відкривання випускного отвору $\Gamma_{\text{от}}$ (%) при різній частоті обертання n (об/хв) шнекового робочого органу: а) дозування розсіпного комбікорму ($W = 12,6\%$); б) дозування кормосуміші № 6 (30% лопчерні +70% комбікорму); $W = 32,57\%$; 1 – 30 об/хв; 2 – 40 об/хв; 3 – 50 об/хв; 4 – 70 об/хв; 5 – 100 об/хв



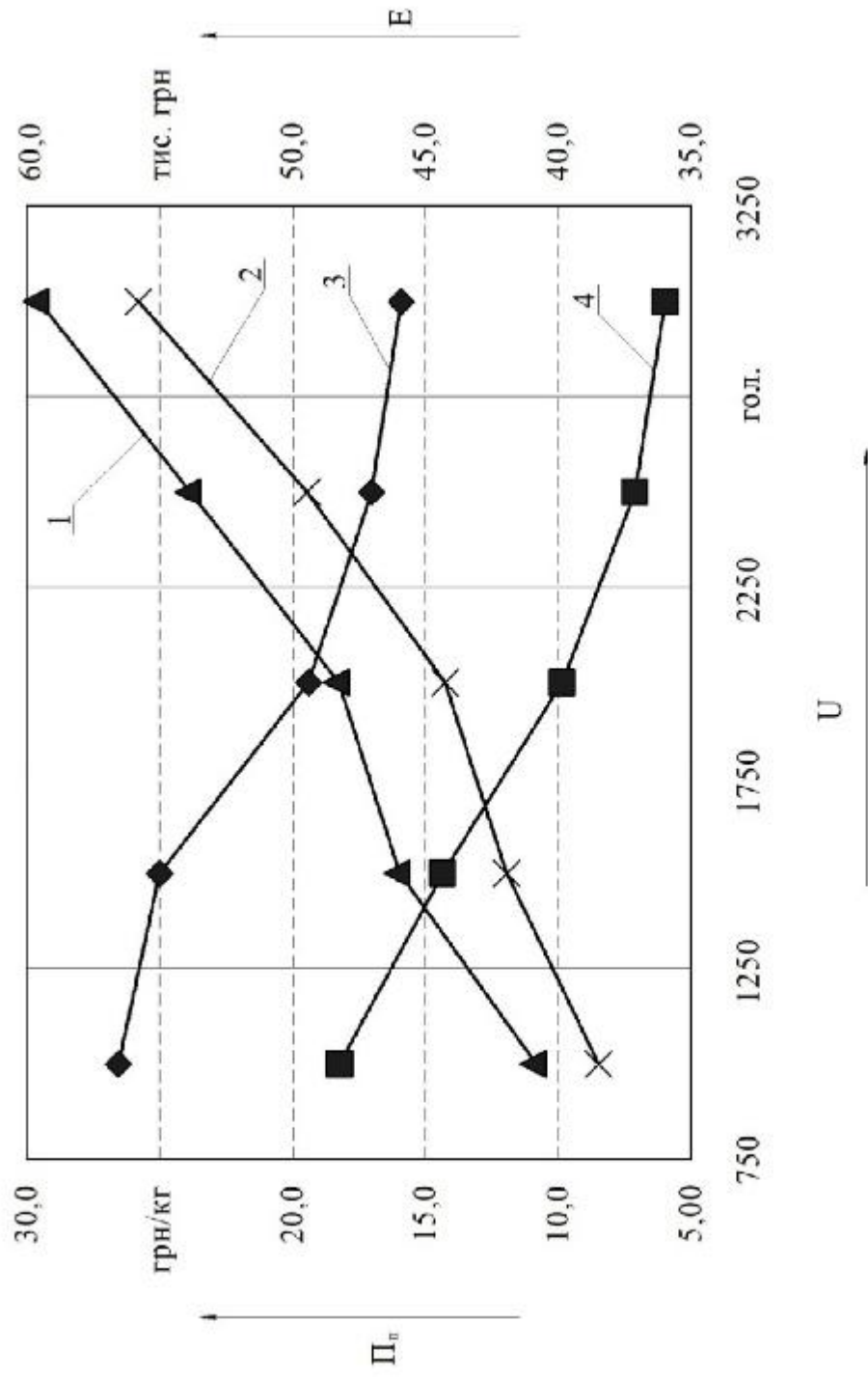
Залежність продуктивності роздавача $Q_{\text{корм}}$ (кг/с) від частоти обертання n (об/хв) спіралей при ступені відкриття випускного отвору

$F_{\text{от}} = 75\%$: а) дозування розсипного комбікорму ($W = 12,6\%$); б) дозування кормосуміші № 6 (30% люцерни + 70% комбікорму) $W = 32,57\%$; 1 – спіраль № 4; 2 – спіраль № 2; 3 – спіраль № 3; 4 – спіраль № 1

Залежність нерівномірності видачі корму γ (%) від частоти обертання n (об/хв) спіралей при ступені відкриття випускного отвору

$F_{\text{от}} = 75\%$: а) дозування розсипного комбікорму ($W = 12,6\%$); б) дозування кормосуміші № 6 (30% люцерни + 70% комбікорму) $W = 32,57\%$; 1 – спіраль № 3; 2 – спіраль № 1; 3 – спіраль № 4; 4 – спіраль № 2

Економічна ефективність використання бункера-дозатора комбікормів 9



Залежність приведених витрат праці на роздачі кормів і річного економічного ефекту від кількості птиці що утримується в клітковій батареї: а) річний економічний ефект: 1 – розроблений роздавач; 2 – роздавач КБУ-3; б) приведені витрати: 3 – роздавач КБУ-3; 4 – розроблений роздавач

1. Найбільш ефективним методом годівлі птиці при клітковому утриманні є щодобове обмеження порції видачі корму (по масі) від сьоживаного доскоху. Цей метод сирієє підвищенню живої ваги і птиці на 2,3-6,2 %, зниженню витрат корму на 1 кг приросту на 0,8-6,9 %, поліпшенню м'яєних яєстей птиці. Корм птиці ефективніше згодовувати у вигляді кормосуміпсії, приготовлєних на основі сухого розсипного комбікорму з додаванням подрібненої зеленої маси у межах 20-30 % до маси сухої частини раціону. Це дозволяє збалансувати комбікорми по загальній цоживності мікроелементами і вітамінами, а за рахунок цього підвищити продуктивність птиці на 10-25 %.
2. Розроблена конструкция роздавача, розрахована на комбінований тип годівлі птиці та уніфікована із серійним клітковим обладнанням; дозволяє плавно змінювати норму видачі корму; окремо на кожному ярусі батареї, враховуючи прийнятний раціон годівлі, кількість, біологічний стан і вік птиці, яка утримується на даному ярусі.
3. На основі проведєних георєчих досліджень одержані формули для визначєня з достальною точністю конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи мобільного кормороздавача нормованої годівлі птиці; продуктивності горизонтального робочого органа із зустрічною навівкою, що працює в глибині сіпкого середовища на дні бункера; площі випускного отвору бункера кормороздавача; частоти обертання робочого органа; витрат енергії на привід робчих органів кормороздавача.
4. В результаті аналізу одержаних математичних моделей встановлєні оптимальні параметри та режими роботи мобільного роздавача нормованої годівлі птиці, що забезпечують нерівномірність видачі, як сухих розсіпних комбікормів, так і кормосуміпсей з долаванням подрібненої зеленої маси. крок навівання спірально-гвинтового робочого органа 45 мм; частота обертання робчих органів 70 об/хв; швидкість руху роздавача уздовж батареї $V_p = 0,06$ м/с. Збільшєня частоти обертання спіральпо-гвинтових робчих органів понад 70 об/хв нецєцільно, через збільшення нерівномірності видачі корму понад 6,5 %.
5. Розроблений роздавач дає змогу повністю механізувати процес дозованої видачі кормів вологістю до 30 %, тобто відповідає сучасним вимогам розвитку птахівництва на промисловій основі. Використання роздавача на кліткових батареях із потовільям від 1000 до 4000 голів птиці, в порівнянні з кращими зразками вітчизняних машин, дозволяє за рахунок більш рівномірної видачі корму отримати річний економічний ефект від 39711,1 до 59485,3 грн.; термін окупності роздавача становить від 0,8 до 3,88 років.