

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Підвищення ефективності технологічного процесу приготування-  
роздавання кормів на фермі великої рогатої худоби**

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

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Лагутін Руслан Віталійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Дудін Володимир Юрійович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2021

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

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

МВПТ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Лагутін Руслан Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності технологічного процесу приготування-роздавання кормів на фермі великої рогатої худоби

керівник роботи Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент

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

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

2. Строк подання студентом роботи 07.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Аналіз стану питання процесів та обладнання для приготування комбікормів, зокрема подрібнювачів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання, мета і задачі досліджень. 2. Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів кормового візка. 3. Лабораторні дослідження системи автоматичного зміни норми видачі кормового візка. 4. Охорона праці та правила безпеки при роботах з машинами та механізмами. 5. Техніко-економічна оцінка ефективності запропонованої технологічної лінії з використанням кормових візків. Загальні висновки. Бібліографічний список

:

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

:

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 10.10.2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Лагутін Р.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дудін В.Ю.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

Лагутін Р.В. Підвищення ефективності технологічного процесу приготування-роздавання кормів на фермі ВРХ / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

В роботі наведено огляд і аналіз технологічної лінії для приготування та роздавання кормосумішей на базі мобільних кормоцехів, а також стан досліджень автоматичних систем годівлі. У другому розділі описана конструктивно-технологічна схема удосконаленого кормового візка, визначено швидкісні параметри кормового візка.

Третій розділ присвячено розробці програми та методики експериментальних досліджень та аналізу їх результатів. Проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

**Ключові слова:** кормосуміш, кормоцех, кормовий візок, роздавання, годівля, шнеки, автоматизація.

## ЗМІСТ

Вступ	7
1 Стан питання, мета і задачі досліджень	10
1.1 Технологічна лінія для приготування та роздачі кормосумішей на базі мобільних кормоцехів	10
1.2 Автоматичні системи годівлі на фермах ВРХ	15
1.3 Огляд досліджень автоматичних систем годівлі	21
1.4 Висновки	25
2 Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів кормового візка	26
2.1 Обґрунтування геометрії робочих органів подрібнювача	26
2.2 Обґрунтування швидкісних параметрів кормового візка залежно від прийнятої схеми годівлі	34
2.3 Обґрунтування складу технологічної лінії приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ	41
2.4 Висновки	44
3 Лабораторні дослідження системи автоматичного зміни норми Видачі кормового візка	45
3.1 Методика лабораторних досліджень системи автоматичного зміни норми видачі кормового візка	45
3.2 Результати лабораторних досліджень системи автоматичного зміни норми видачі кормосуміші кормовим візком	47
3.3 Висновки	55

4	Охорона праці та правила безпеки при роботах з машинами та механізмами	56
4.1	Загальні положення та поняття	56
4.2	Заходи по забезпеченню захисту оператора від дії шкідливих та небезпечних факторів	57
4.3	Організаційні та технічні заходи по убезпеченню працівників від наявних шкідливих та виробничих чинників	60
4.4	Правила безпечного виконання робіт під час приготування-роздавання кормів	61
4.5	Порядок дій у надзвичайних ситуаціях	63
4.6	Висновки	64
5	Техніко-економічна оцінка ефективності запропонованої технологічної лінії з використанням кормових візків	65
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	74
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	76
	ДОДАТКИ	

## ВСТУП

АПК України створюється близько третини національного доходу країни. Від його ефективності значною мірою залежать економічний та політичний потенціал держави. Істотна роль належить АПК також у забезпеченні населення продуктами тваринництва. Так, у підгалузях тваринництва України виробляється більше 50% валової продукції сільського господарства.

Важливою ознакою прогресивності технології є можливість автоматизації виробництва. Цим шляхом ішла і йде промисловість, тому на цей шлях, очевидно, слід переводити на промислову основу тваринництво.

Аналіз сучасного стану виробництва у країні продукції молочного скотарства показує, що ефективний розвиток цієї галузі може бути забезпечено тільки на якісно новому технологічному та технічному рівнях. Нововведення дозволяють більш повно реалізовувати генетичний потенціал тварин, раціонально використовувати корми, енергетичні, фінансові та трудові ресурси, основні фонди та отримувати високоякісну, екологічно чисту продукцію.

Закордонний досвід показує, що розвиток сільського господарства йде шляхом автоматизації виробництва. Це обумовлюється як вимогами підвищення ефективності виробництва, і проблемами нестачі трудових ресурсів.

Характерним прикладом є технологічний процес машинного доїння корів. Активне використання доїльних роботів у Європі обумовлено не лише отриманням позитивних технологічних ефектів системи добровільного доїння, а й соціальним аспектом - дружини фермерів бажали, щоб у їхніх чоловіків було більше вільного часу для спільного його проведення.

Нові автоматичні системи, звісно, потребують значних капітальних вкладень. У Німеччині кажуть, що прибуток від запровадження вітряків отримують лише їхні онуки. Проте відпрацювання питань ефективного застосування нових технологій актуальне вже зараз, тим більше що проблема нестачі трудових ресурсів у сільському господарстві в майбутньому буде лише загострюватись.



При цьому потреба у машинах та устаткуванні на 90% здійснюється за рахунок імпортової техніки. Досвід показує, що вартість машин і обладнання зарубіжних фірм в 1,5...3,0 рази вище за аналогічні вітчизняні .

Стратегія розвитку техніки та машинних технологій для ферм та комплексів з виробництва молока передбачає створення та виробництво нової інноваційної техніки для комплексної механізації та автоматизації процесів на фермах та комплексах.

Важливим елементом стратегії є вдосконалення технології роздачі кормів та застосовуваних для цієї мети технічних пристроїв. Це зумовлює раціональне використання техніки, обладнання та робочої сили. На роздавання кормів припадає до 30...40 % трудовитрат по догляду за тваринами.

Найбільш перспективною схемою годівлі худоби є одночасна роздача всіх кормів у вигляді збалансованих кормосумішей. Це дозволяє підвищити продуктивність на 12...15%, виключити втрати та псування компонентів, забезпечити умови для механізації видачі кормового раціону .

Тим часом у науковій літературі основну увагу приділено обґрунтуванню параметрів та режимів роботи окремих технічних засобів. Але не менш важливим є питання обґрунтованого підбору технічних засобів для приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ з урахуванням ймовірнісного характеру їх функціонування, особливостей обслуговування технологічних груп тварин та зоотехнічних вимог до режиму годівлі.

Крім цього, поширення за кордоном автоматизованих технологічних ліній приготування та роздачі кормосумішей на базі кормових візків або роботів та поява даних систем на вітчизняних фермах вимагає ви-

вчення досвіду їх використання та вироблення рекомендацій щодо їх ефективного застосування.

Перший досвід експлуатації кормових візків показав, що у виробничих умовах який завжди вдається повною мірою реалізувати їх можливості. У системі людина-машина-тваринна поведінка тварин у створених людиною умовах призводить до зміни режиму функціонування машини.

Так, перший досвід використання кормових візків на фермі показав, що через нерівномірне поїдання кормосуміші на кормовому столі кормовий візок в автоматичному режимі роботи практично не використовується. Системи обрахунку залишків кормосуміші на кормовому столі кормові візки DeLaval RA135 не мають, що знижує ефективність їх використання.

Таким чином, аналіз умов функціонування існуючих та перспективних зразків техніки, їх модернізація, а також обґрунтування складу технологічних ліній є пріоритетним завданням при вдосконаленні процесу приготування та роздачі кормів з метою підвищення рентабельності та конкурентоспроможності виробництва.

Головною метою та ціллю дослідження є підвищення ефективності функціонування технологічної лінії приготування та роздачі кормосу-

мішей на фермах ВРХ шляхом обґрунтування її складу та вдосконалення конструкції кормового візка. Відповідно до мети ми поставили такі завдання досліджень:

- провести огляд технологій та засобів механізації та автоматизації процесу приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ;
- розробити математичну модель обґрунтування складу технологічної лінії приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ з використанням мобільних кормоцехів за будь-якої кількості компонентів готової суміші та кормових вагонів при обслуговуванні технологічних груп тварин з урахуванням ймовірного характеру складових балансу часу їх роботи;
- розробити конструкцію та обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри системи автоматичної зміни норми видачі кормосуміші кормовим візком залежно від наявності її залишків на кормовий стіл;
- провести експериментальне дослідження функціонування мобільних кормоцехів та кормових візків на фермах ВРХ;
- дати техніко-економічну оцінку запропонованих рішень

## 1 Стан питання, мета і задачі досліджень

### 1.1 Технологічна лінія для приготування та роздачі кормосумішей на базі мобільних кормоцехів

Для реалізації технології годівлі ВРХ повноцінними кормозмішувачами розроблені та випускаються універсальні подрібнювачі-змішувачі-роздавачі кормів або мобільні кормоцехи (рис. 1.1), що поєднують у собі основні технологічні операції приготування та роздачі кормів. До них пред'являються особливі вимоги щодо якості подрібнення вихідних компонентів, однорідності змішування, рівномірності роздачі і т.п. Нині у світі налічується понад 120 компаній, зайнятих виробництвом даних пристроїв. Переважне поширення спочатку отримали машини, оснащені 1...3 горизонтальними шнеками для подрібнення та змішування компонентів раціону. В останній час випускаються пристрої переважно з вертикальними шнеками конічної форми, на частку яких припадає до 90% продаж. У розрахунку на 1 м<sup>3</sup> місткості вони дешевші за горизонтальні, мають менше швидкозношуваних деталей, легше переобладнуються на двосторонню роздачу корму і краще справляються з переробкою тюків соломи і сіна.



### Рисунок 1.1 - Мобільні кормоцехи компаній SILOKING та KEENAN

Рідше зустрічаються пристрої з робочими органами молотильного та вентиляторних типів.

Застосування у кормоприготуванні даних машин, що виконують функцію «кормоцехів на колесах» дозволяє вирішити проблему транспортування, подрібнення та змішування корму, не вимагаючи складного транспортно-змішувачого обладнання, капітальних будівель кормоцехів, а також систем транспортерів. Так, наприклад, у кошторисній вартості кормоцеху тощо. 801-255 частку устаткування припадало лише 38% .

Використання комбінованих та багатофункціональних агрегатів дозволяє підвищити рівень механізації всіх процесів та операцій у тваринництві з 25 до 70...75 %, забезпечити зростання продуктивності корів на 25...30 %, знизити витрати у 2,6...3,0 разу.

В даний час намітилася тенденція створення багатофункціональних технічних засобів, що поєднують у собі операції із завантаження, подрібнення, змішування компонентів, їх подальше транспортування та роздачі готових кормосумішей тваринам. Для цього розроблено причіпні мобільні кормоцехи з різними пристроями для само завантаження (мал.1.2). При цьому особлива увага приділяється якості виїмки кормів з траншей для запобігання їх аеробному псуванню та розвитку мікробіологічних процесів.



Рисунок 1.2 - Мобільні кормоцехи з пристроями для само завантаження

У великих господарствах та комплексах ефективно застосовуються самохідні пристрої (рис. 1.3). Однак, незважаючи на свою потужність, продуктивність і багатофункціональність, вони дорогі і складні в обслуговуванні і навіть в умовах західноєвропейських країн рентабельні лише за умови обслуговування високопродуктивного поголів'я у великих господарствах.



Рисунок 1.3 - Самохідний кормоцех та формований зріз після виїмки кормів із траншеї фрезерним обладнанням

Деякі компанії займаються виробництвом самохідних змішувачів змонтованих на рамі вантажного шасі (рис. 1.4). Також є виконання у вигляді напівпричепа, на якому встановлено змішувач із власним автономним двигуном внутрішнього згоряння. Дані пристрої ефективно застосовують у господарствах з великими відстанями переїздів, при цьому з'являється можливість обслуговування кількох віддалених друзів від друга тваринницьких ферм .

На основі аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду роботи особистих підсобних та фермерських господарств Є.І. Резніком, В.К. Скоркіним, М.Г. Теплицьким, І.Є. Резником з використанням ЕОМ складено понад 40 технологічних ліній для реалізації 16 різних схем приготування і роздачі кормів, і навіть проведена оцінка їх економічної ефективності .



Рисунок 1.4 - Самохідний и причіпний кормозмішувач на вантажному шасі

Досвід функціонування молочної ферми показує ефективність використання мобільних кормоцехів як стаціонарні засоби для приготування кормосумішей та подальшої її роздачі кормороздавачами типу КТУ-10А .

Багато виробників випускають стаціонарні кормозмішувачі на базі мобільних пристроїв, що дозволяє використовувати їх як малогабаритні кормоцехи (рис. 1.5)



Рисунок 1.5 - Стаціонарні змішувачі компанії SILOKING

Так, наприклад, компанія ТОВ «Інтенсивні технології», що випускає продукцію під торговою маркою «Господар», виробляє стаціонарний змішувач ССК-2, з об'ємом 21 м<sup>3</sup> з двома вертикальними шнеками та приводом робочих органів від електродвигуна. Шведський виробник DeLaval пропонує стаціона-

рні змішувачі HSM12 та HSM17 об'ємом відповідно 12 та 17 м<sup>3</sup> з трьома горизонтальними шнеками.

У деяких випадках раціонально використовувати запропоновані СЗНИ-ИМЕСХ стаціонарні кормо змішувальні агрегати, розміщені в невеликих приміщеннях, сполучених зі складом зберігання концентратів та добавок або у цих складах. Використання таких машин дозволяє готувати кормосуміші та роздавати їх тваринам простими кормороздавачі. Готова кормосуміш завантажується в кормороздавач кілька секунд, і поки ця порція видається тваринам, у змішувачі вже готується нова. За такої технології суттєво знижується тривалість процесу роздачі кормів, та підвищується ефективність використання кормороздавачів.

Незважаючи на широке поширення та переваги мобільних кормоцехів, їх застосування не єдине і не завжди раціональне рішення. Це дорогі та енергоємні технічні засоби. Їхня питома матеріаломісткість становить 352,8...416,7 кг/м<sup>3</sup>, питома енергоємність - не менше 3,8 та 6,4 кВт/м<sup>3</sup> для машин з горизонтальними та вертикальними шнеками відповідно. Порівняно із звичайними кормороздавачами металоемність мобільних кормоцехів вища більш ніж удвічі.

У цьому напрямі ведуться роботи з удосконалення конструкції. Наприклад, в ІМП - філії ФДБНУ ФНАЦ ВІМ розробляється багатоцільовий кормороздавач барабанного типу СВІТ-10, суттєво переважає зарубіжні аналоги за критеріями енерго- та металоемності, а також за вартістю виготовлення.

До основних недоліків мобільних кормоцехів слід віднести необхідність улаштування додаткових утеплених тамбурів у корівниках, особливо в регіонах з холодною зимою, для зниження надходження холодного повітря в приміщення та виключення виникнення протягів при в'їзді і виїзді техніки. Також вони створюють у приміщеннях підвищений рівень звукового тиску до 80...95, а часто до 100...115 дБ, і забруднюють повітря вихлопними газами. При цьому дослідження свідчать, що зниження чи повна ліквідація виробничого шуму у



тваринницьких приміщеннях сприяє отриманню понад 5% додаткової продукції.

При використанні мобільних кормоцехів потрібно облаштовувати прилеглу до корівника територію, що потребує додаткових витрат. Також необхідно брати до уваги габаритні розміри даних пристроїв, які повинні відповідати розмірам воріт, ширині проїзду та ширину розкладки корму при використанні кормових столів.

Останнім часом годівниці почали використовувати рідше, оскільки їх важче очищати від залишків корму, ніж кормові столи. При цьому внаслідок розкидання корму тваринами кормовий стіл має бути досить широким - не менше 4,5 м, що знижує ефективність використання площі приміщень. Згідно з дослідженнями, проведеними на 10 фермах, де використовується мобільна система годівлі, середня ширина кормового проходу становила 5,3 м. Крім того, за середньої кратності годівлі тварин мобільними кормоцехами 1,4 разів/добу потрібне додаткове здійснення операції підрівнювання кормів.

Таким чином, використання мобільних кормоцехів найбільш раціонально як засіб приготування кормосуміші і завантаження її в накопичувальні бункери, що дозують, а також обслуговування тварин на вигульних кормових майданчиках.

Подальша роздача кормосуміші тваринам повинна проводитися кормороздавальними системами, що функціонують усередині приміщень, особливо при цілорічному стійловому утриманні тварин.

## **1.2 Автоматичні системи годівлі на фермах ВРХ**

В даний час перспективною технологією для годівлі ВРХ є використання автоматичних систем годівлі (АСГ), які відрізняються технічною складністю, рівнем автоматизації та іншими параметрами. Їхнім виробництвом займаються такі компанії як GEA Farm Technologies GmbH (Німеччина), EDER

GmbH (Німеччина), KUHN System TKS (Німеччина та Норвегія), Wasserbauer (Австрія), Hetwin (Австрія), SCHAUER Agrotronic GmbH (Австрія), Jeantill (Франція), Trioliet (Нідерланди), Lely (Нідерланди), Schuitemaker (Нідерланди), DeLaval (Швеція), Pellon (Фінляндія), Cormall (Данія), Euromilk (Польща), ЗАТ «Колнаг» (Росія), Rovibec (Канада), Dawoon Co., Ltd. (Південна Корея) та ін.

Згідно думкам зарубіжних дослідників у 2015 році у всьому світі працювало близько 1250 таких систем, переважно на фермах у південній Німеччині, Австрії та скандинавських країнах, Голландії, Канаді та Японії. У загальному вигляді АСК можна класифікувати так (рис. 1.6).

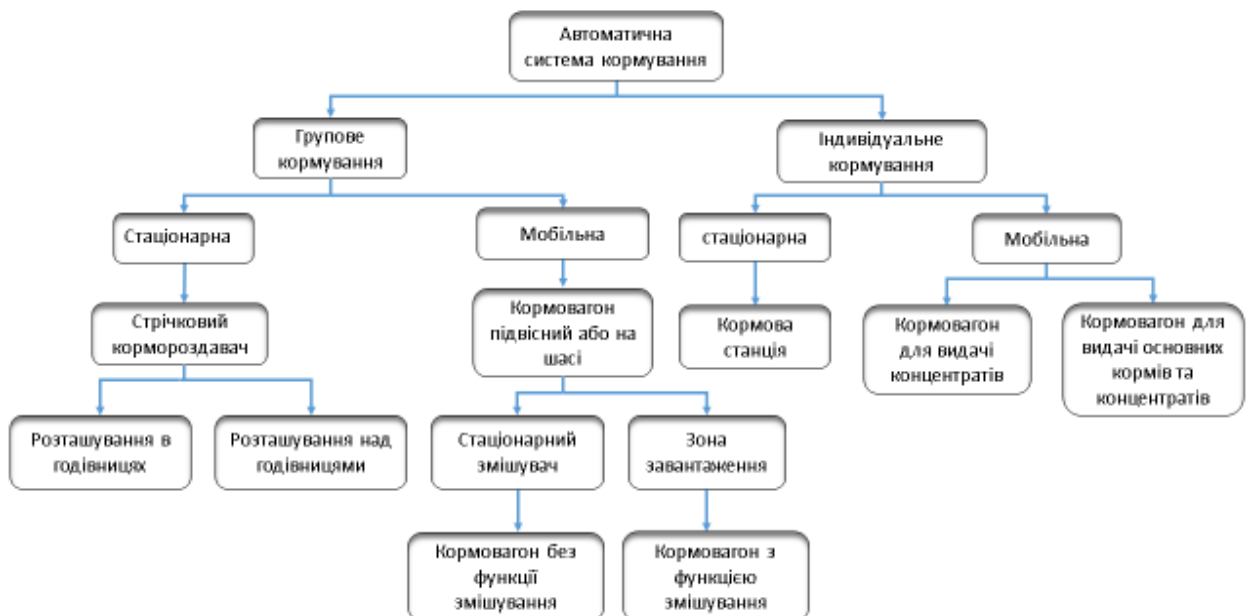


Рисунок 1.6 - Класифікація автоматичних систем годівлі ВРХ

При індивідуальній годівлі для точно дозованої видачі концентрованих кормів застосовуються кормові станції - GEA DairyFeed C 8000, DeLaval Feed Stations FSC40 та FSC400, Lely Cosmix (рис. 1.7) та спеціальні кормові візки - DeLaval FM та FW200, Pellon Concentrate Feeder. Також цю операцію можуть виконувати доїльні роботи - Lely Astronaut A4, DeLaval VMS, у боксах яких у процесі доїння тварини одержують задану порцію корму. Ідентифікація корів

описаним обладнанням здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв - транспондерів, або за розташуванням у стійлі.



Рисунок 1.7 - Кормова станція Lely Cosmix

Частково автоматизувати процес годівлі дозволяють стрічкові кормороздавачі. У більшості виробників вони розташовуються над кормовим столом або безпосередньо над тваринами, наприклад: Pellon Belt Feeder, Cormall Belt Feeder, GEA Belt Feeder (рис. 1.8). У першому випадку одна установка може видавати корми як ліворуч, так і праворуч, скидаючи їх зі стрічки на кормовий стіл за допомогою скрепера, що повертається. У другий випадок при розташуванні над тваринами, як показано на рис. 1.8, обслуговується лише один ряд.



Рисунок 1.8 - Схема роботи (ліворуч) та загальний вигляд автоматичного стрічкового кормороздавача GEA Belt Feeder (праворуч)

Також існують рішення з розташуванням у годівницях - EDER feedstar (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 - Автоматичний стрічковий кормороздавач EDER feedstar

Розглянуті стрічкові кормороздавачі працюють в автоматичному режимі. Участь людини потрібна тільки для завантаження стаціонарної змішувача необхідними компонентами раціону та для складання програм годівлі. Головна перевага даних систем полягає в тому, що вони займають найменшу площу в розрахунку на одну тварину серед всіх видів АСГ .

Найбільш поширені системи, функцію роздачі кормосуміші в яких виконують кормові візки, переважно підвісного типу. Залежно від рівня автоматизації та технічної складності система також може включати стаціонарний змішувач з ваговою системою для приготування кормосуміші і для автоматичного завантаження кормового візка, бункери-накопичувачі для автоматичної подачі компонентів у змішувач або безпосередньо в кормовий візок із функцією змішування, транспортери.

Кормовий візок (рис. 1.10) є кормороздавачем невеликого обсягу, що працює в автоматичному режимі відповідно до складеної програми годівлі.



Рисунок 1.10 - Підвісний кормовий візок Triomatic HP 2300 (ліворуч);  
кормовий візок на шасі Jeantil Automatic Feeding (праворуч)

Дані пристрої відрізняються за такими основними ознаками:

- за типом завантаження - завантаження готової кормосуміші (наприклад, зі стаціонарного змішувача), завантаження окремих компонентів (наприклад, з бункерів-накопичувачів або грейферним пристроєм) або само завантаження;
- за наявністю та типом робочого органу для подрібнення та/або змішування компонентів - без робочого органу (поздовжній транспортер), з пристроєм для змішування компонентів, з пристроєм для подрібнення та змішування компонентів;

- за джерелом живлення - ДВС, АКБ, струмопровідна рейка або буксирний кабель;
- за типом ходової системи - що пересуваються на шасі або по підвісному шляху.

Компанія Trioliet виробляє три типи кормових візків: Triomatic HP 2 300 підвісного типу та Triomatic WP 2 300 на шасі - дані пристрої об'ємом  $\text{м}^3$  працюють від мережі; Triomatic WB 2 250 об'ємом  $2,5 \text{ м}^3$  працює від акумуляторів. Всі зазначені кормові візки оснащуються двома вертикальними шнеками для змішування, поперечним реверсивним транспортером і можуть застосовуватися у поєднанні зі стаціонарним змішувачем Triomatic T20 або кормовими кухнями Triomatic T30 або T40.

Компанія DeLaval виробляє два типи підвісних кормових візків: RA135 об'ємом  $2,5, 3,1$  або  $3,7 \text{ м}^3$  працює від мережі та OTS100 об'ємом  $1,6 \text{ м}^3$  - Від акумуляторів. Дані пристрої включають поздовжній і поперечний реверсивний транспортери, бітерний пристрій і можуть працювати у поєднанні зі стаціонарним змішувачем (система Optimat<sup>TM</sup>) або з кормовою кухнею Optimat<sup>TM</sup> Plus або Optimat<sup>TM</sup> Master .

Компанія Lely виробляє кормовий візок на шасі об'ємом  $2 \text{ м}^3$ , що входить до складу системи Vector. Він оснащений одним вертикальним шнеком для змішування.

Компанія Pellon виготовляє кормові візки для прив'язного утримання – Combi (роздача основних кормів + дозування концентрованих кормів) обсягом  $1,5, 2,1, 2,5$  та  $3,1 \text{ м}^3$ , а також для безприв'язного утримання – TMR об'ємом  $2 \text{ м}^3$  з пристроєм для змішування та Free Stall Robot об'ємом  $1,5$  та  $2,5 \text{ м}^3$ .

### 1.3 Огляд досліджень автоматичних систем годівлі

Залежно від рівня автоматизації та технічної складності можна виділити три типи АСК з кормовим візком:

№ 1: *навантажувальний засіб* → *стаціонарний змішувач* → *кормовий візок* → *тварини* (рис. 1.11). Завантаження компонентів у стаціонарний змішувач здійснюється навантажувальними засобами за участю людини, потім в автоматичному режимі слідує операція із завантаження готової суміші в кормовий візок та роздачі її тваринам.

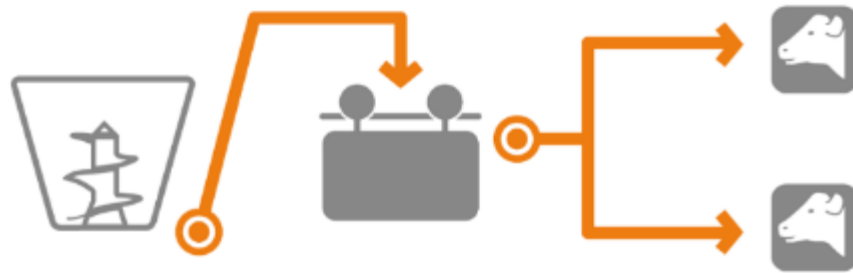


Рисунок 1.11 - Схема автоматичної системи годівлі №1

№ 2: *зона завантаження* → *кормовий візок із функцією змішування* → *тварини* (рис. 1.12). Завантаження кормової візка здійснюється в автоматичному режимі відповідно до заданої програми годівлі з відповідних бункерів-накопичувачів для зберігання основних та концентрованих кормів. Потім компоненти перемішуються робочим органом і готова суміш видається тваринам. Ця система повністю автоматизована. Участь людини потрібна лише для своєчасного наповнення бункерів-накопичувачів та для складання програм годівлі.

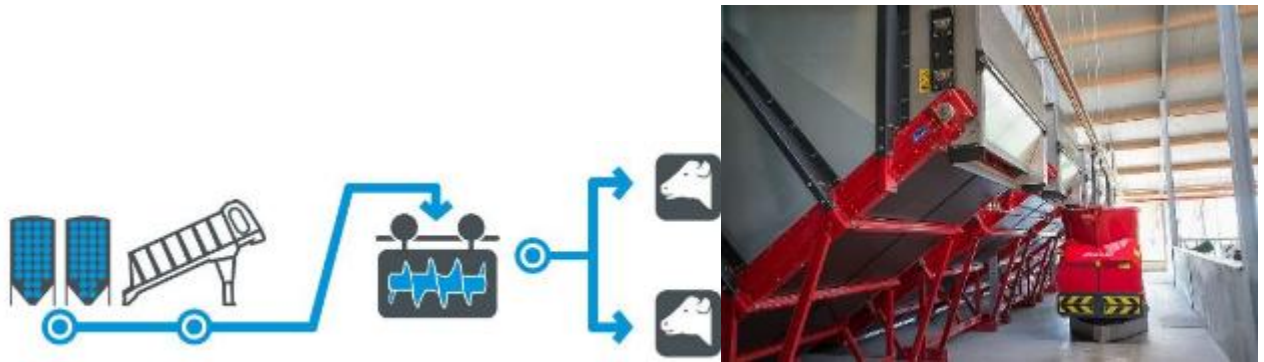


Рисунок 1.12 - Схема автоматичної системи годівлі №2 (ліворуч); Кормовий візок Triomatic WP 2 300 та кормова кухня Triomatic T30 (праворуч)

№ 3: бункери-накопичувачі → стаціонарний змішувач → кормовий візок → тварини (рис. 1.13) . Компоненти раціону завантажуються в стаціонарний змішувач з бункерів-накопичувачів через конвеєрні транспортери та трубопроводи, потім слідує операція із завантаження готової суміші у кормовий візок та роздачі її тваринам. Система повністю автоматизована. Участь людини потрібна лише для своєчасного наповнення бункерів-накопичувачів та для складання програм годівлі.

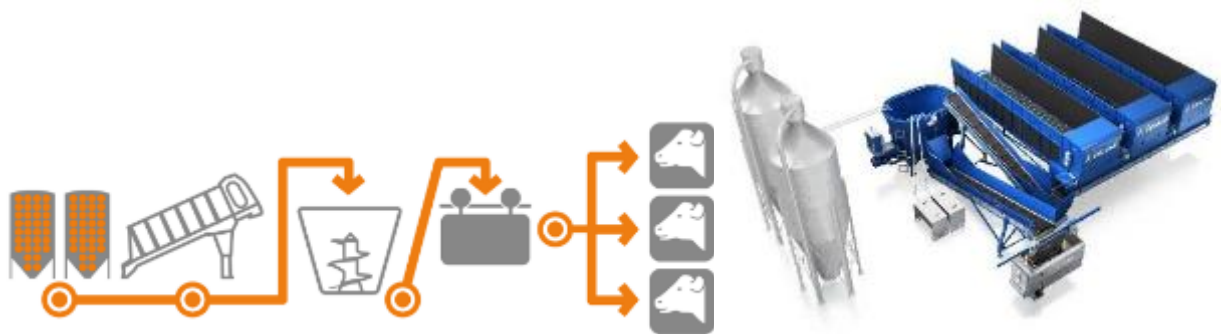


Рисунок 1.13 - Схема автоматичної системи годівлі №3 (ліворуч); Система DeLaval Optimat Master (праворуч)

Розглянуті системи з кормовим візком для роздачі кормосумішей за розташуванням можна розділити на 3 види - встановлені всередині тваринницького приміщення, поза корівником на відкритому майданчику або під навісом та варіант з монтажем бункерів-накопичувачів у стіні будівлі. Схематичний



план корівника із застосуванням автоматичної системи GEA Mix & Carry (тип № 3) у середині приміщення показано на рис. 1.14.

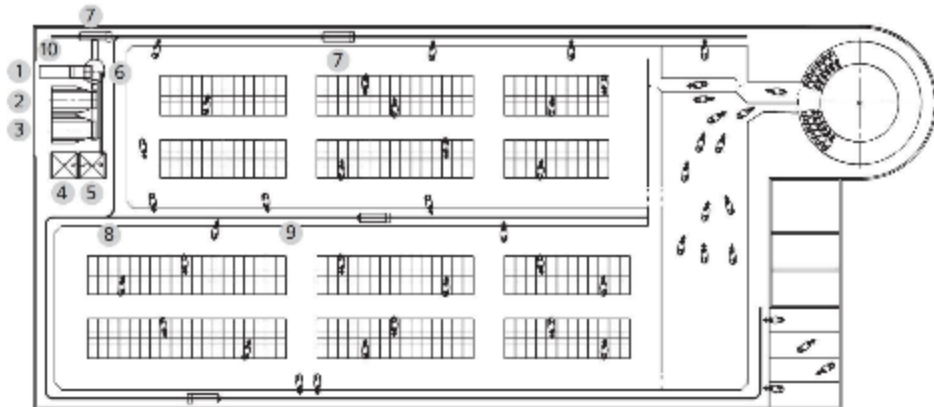


Рисунок 1.14 - План корівника з автоматичною системою годівлі № 3:

1 - обладнання для підготовки соломи, 2, 3 - бункери-накопичувачі для основних кормів, 4, 5 - бункери-накопичувачі для концентратів, 6 - стаціонарний змішувач, 7 - кормовий візок, 8 - поворотна рейка, 9 - підвісний рейковий шлях, 10 - зарядний пристрій

У табл. 1.2 представлене обладнання, необхідне для впровадження АСГ розглянутих типів в одному корівнику.

Таблиця 1.2 - Технологічне обладнання, що веде до складу АСГ

Обладнання	Тип автоматичної системи годівлі (АСГ)		
	АСГ 1	АСГ 2	АСГ 3
Стаціонарний змішувач	+		+
Бункер накопичувач		+*	+*
Кормовий візок	+	+ (із перемішувачим пристроєм)	+
Похилий транспортер	+		+
Горизонтальний транспортер			+
Навантажувач	+	+	+
*Кількість бункерів-накопичувачів залежить від кількості компонентів, що входять до складу кормосуміші.			

Серед розглянутих АСГ система першого типу є найбільш простий і вимагає найменших початкових вкладень. Основним недоліком даної системи є мала продуктивність, що пов'язано з необхідністю приготування нового раціону стаціонарному змішувачі тільки після роздачі попереднього. Крім того, сам процес приготування кормосуміші в стаціонарному змішувачі може суттєво затягнутися при значному видаленні сховищ кормів від стаціонарного змішувача

також це може призвести до підвищення витрат, пов'язаних із транспортуванням компонентів раціону завантажувачем.

Основною перевагою систем другого та третього типу є високий рівень автоматизації (механізованим залишається лише процес наповнення бункерів-накопичувачів). Проте ці системи вимагають високих початкових вкладень, значна частка яких доводиться на придбання окремих бункерів-накопичувачів для кожного компонента раціонів. Крім того, АСГ другого типу має малу продуктивність, що пов'язано з необхідністю приготування кожної порції кормосуміші порівняно невеликому бункері кормового візка. При цьому для використання цієї системи проти АСГ третього типу виключається необхідність у придбанні стаціонарного змішувача та відповідних конвеєрів.

Насправді часто трапляються випадки, коли частина тварин (переважно дійне стадо) розташовується у корівниках, інша частина - під навісами чи відкритих площадках. Тоді в регіонах із низькими температурами в зимовий період для годівлі тварин необхідно додатково задіяти мобільну техніку.

У цьому випадку для усунення прив'язки кормового візка до мобільного кормоцеху, що забезпечує його завантаження, необхідно ввести до складу технологічної лінії проміжні бункери-накопичувачі під відповідні раціони годівлі.

## 1.4 Висновки

Аналіз тенденцій у галузі механізації та автоматизації процесу приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ показав, що застосування АСГ забезпечує отримання додаткових технологічних та економічних ефектів, але головною перешкодою для їх активного впровадження у виробництво є висока вартість, обумовлена підвищеним рівнем технічної складності. Таким чином, нами висунуто наукову гіпотеза: для підвищення ефективності процесу приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ технологічна лінія приготування та роздачі кормосумішей повинна включати мобільний кормоцех, що забезпечує приготування заданої кормосуміші, кормовий візка з системою автоматичної зміни норми видачі кормосуміші для її роздачі всередині приміщень та додаткове обладнання (бункери-накопичувачі, конвеєри), що забезпечує їхню взаємодію.

Економічний ефект складатиметься з підвищення продуктивності тварин за рахунок збільшення кратності годівлі, зменшення втрат кормосумішей та витрат на будівництво тваринницьких приміщень.

## **2 Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів кормового візка**

### **2.1 Обґрунтування конструктивних параметрів кормового візка**

При обґрунтуванні параметрів кормового візка необхідно враховувати існуючі технології нормування кормів тварин.

Традиційний підхід - кормосуміш видається тваринам згідно встановленої норми видачі за масою. За таким принципом працюють мобільні кормороздавачі, де функцію нормування кормозмішування залежно від її залишків на кормовому столі частково виконує механізатор шляхом зміни швидкості руху роздавача і т.п., та більшість автоматичних систем годівлі.

Альтернативний підхід - тварини отримують кормосуміші відповідно до реальних потреб. Такий принцип закладено в основу роботи системи Lely Vector. У процесі руху вздовж кормового стола робот, що пересувається на шасі, підсуває кормосуміш тваринам та вимірює її висоту. У тому випадку, коли середня висота шару кормосуміші на кормовому столі виявляється менше встановленого порогового значення, починається процес приготування чергової порції для відповідної групи тварин, потім вона рівномірно видається тваринам. Таким чином, на кормовому столі підтримується заданий обсяг кормосуміші.

З досвіду експлуатації кормових візків DeLaval RA135 встановлено, що їх недоліком є відсутність урахування наявності залишків кормосуміші на кормовому столі під час роботи в автоматичному режимі. На практиці споживання кормосумішей тваринами по всьому фронту годівлі часто нерівномірно, що не обліковується системою при наступній роздачі в автоматичному режимі. Так, навпроти колон, стійок, мокрих місць стійла тощо. кормосуміш часто залишається і при кожній наступній роздачі поповнюється. Інтенсивніше поїдання в інших місцях кормового столу при встановленій нормі видачі призводить до фактичного її зменшення в розрахунку на одну голову. У місцях скуп-

чення залишків кормосуміші необхідне їх ручне прибирання для запобігання розвитку мікробіологічних процесів та псування. Це ускладнює використання даних систем в автоматичному режимі, викликає необхідність переведення їх у ручний режим керування, що ускладнює роботу персоналу під час їх експлуатації.

Для усунення зазначеного недоліку нами запропоновано систему автоматичної зміни норми видачі кормосуміші кормовим візком (Рис. 2.1). При цьому усувається її перевитрата за рахунок автоматичної зміни норми видачі кормосуміші в залежності від її наявності на кормовому столі.

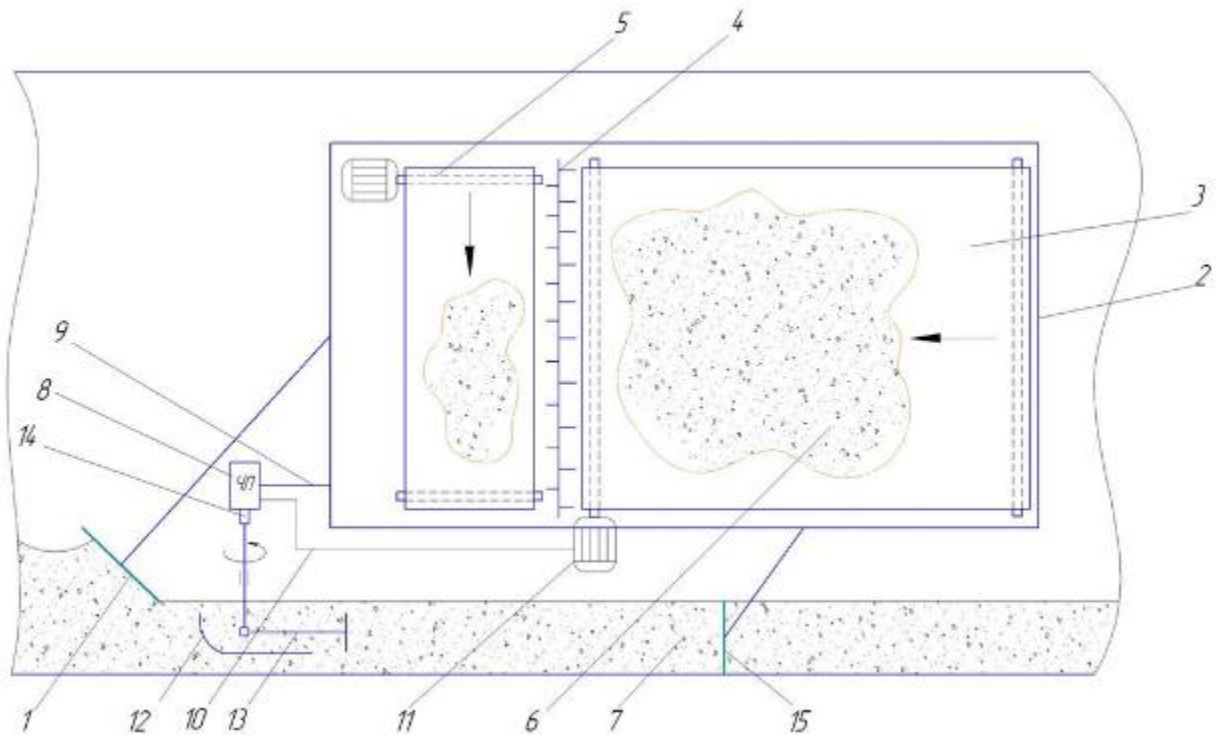


Рисунок 2.1 - Схема кормового візка: 1 - підгрібач, 2 - бункер, 3 - поздовжній транспортер, 4 – бітерний механізм, 5 - поперечний транспортер, 6 - кормозмішувач, 7 - кормовий стіл, 8 - ЧП, 9 - розсувна штанга, 10 - електропроводка, 11 - електродвигун, 12 - запобіжний щиток, 13 - розсувний поворотний копір, 14 - ручка регулятора ЧП, 15 - розрівнювач

Система автоматичної зміни норми видачі кормосуміші є закріпленою по ходу руху кормового візка при роздачі розсувної штанги, на якій розташо-

ваний розсувний поворотний копір, електрично пов'язаний за допомогою частотного перетворювача з приводним електродвигуном поздовжнього транспортера.

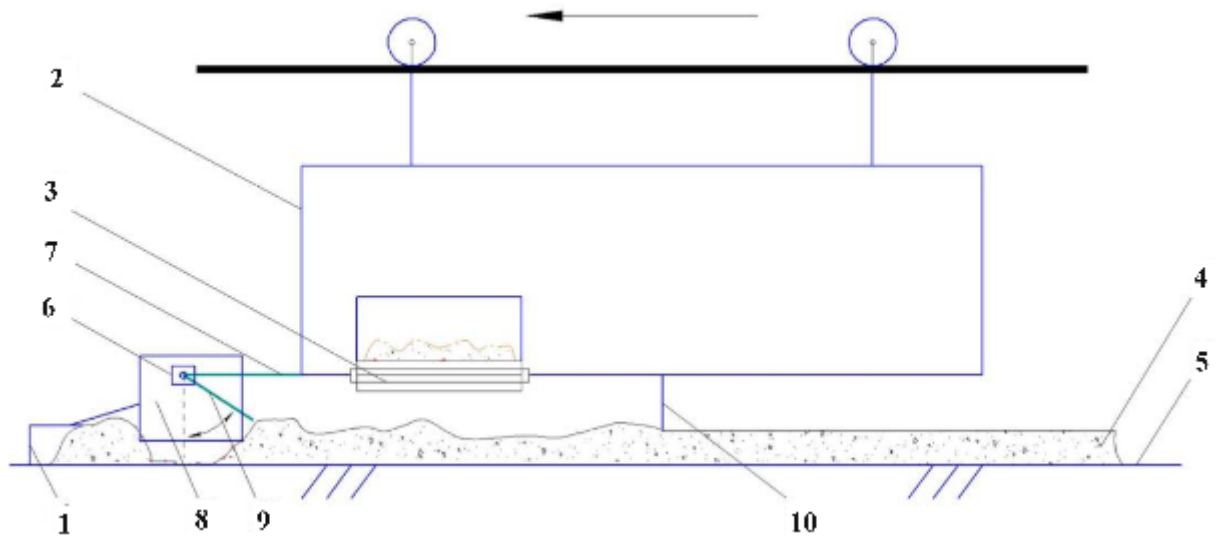


Рисунок 2.2 - Схема роботи кормового візка: 1 - підгрібач, 2 - бункер, 3 - поперечний транспортер, 4 - кормозмішувач, 5 - кормовий стіл, 6 - ЧП, 7 - розсувна штанга, 8 - запобіжний щиток, 9 - розсувний поворотний копір, 10- розрівнювач

На рис. 2.3 представлена схема регулювання довжини розсувної штанги 2 та розсувного поворотного копіра 3, що впливає на ручку регулятора 4 частотного перетворювача 1.

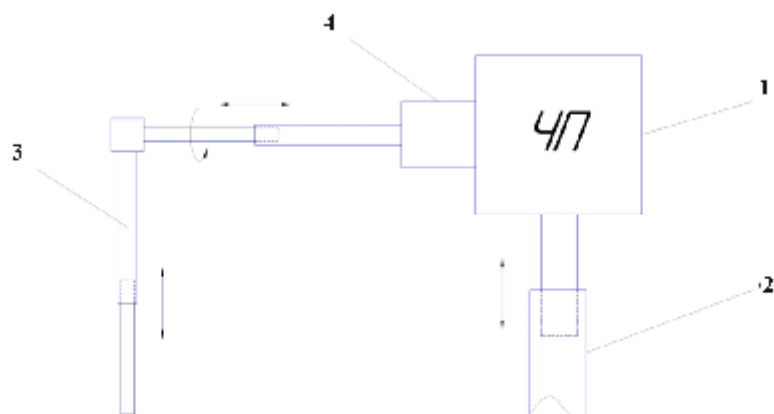


Рисунок 2.3 - Схема регулювання роботи копіра

Кормовий візок працює в такий спосіб. При його русі над кормовим столом підбирач зсовує залишки кормосуміші на кормовому столу в дію копіру. Запобіжний щиток витісняє голови тварин з робочої зони копіра, чим запобігає їх травмуванню та ушкодження копіра.

При вертикальному положенні розсувного поворотного копіра поздовжній транспортер подає кормосуміш до бітерного механізму, який направляє її на поперечний транспортер, що вивантажує встановлену норму кормосуміші на кормовий стіл. При відхиленні розсувного поворотного копіра від вертикального положення внаслідок контакту з залишками кормосуміші на кормовому столі він повертається навколо своєї горизонтальної осі, впливаючи на ручку регулятора частотного перетворювача. При цьому відбувається пропорційний кут повороту ручки регулятора зменшення частоти струму, що живить приводний електродвигун поздовжнього транспортера, що зменшує швидкість руху поздовжнього транспортера, і, відповідно, норму видачі кормосуміші на певному ділянці кормового столу аж до повного припинення її видачі у місцях незайманого шару кормосуміші після попередньої її роздачі. Тим самим не допускається перевитрата кормосуміші.

Узгодження керуючого впливу розсувного поворотного копіра зі швидкістю руху автоматичного кормового візка з тим, щоб повна норма кормосуміші видавалася на незаповнені ділянки кормового столу та зменшувалась при проходженні поперечного транспортера над залишками кормосуміші, забезпечується регулюванням довжини розсувного поворотного копіра та розсувної штанги його кріплення. Розрівнювач, встановлений над кормовим столом на певній висоті, впливаючи на утворений шар кормосуміші, згладжує його поверхню, забезпечуючи формування рівномірного шару.

Оскільки конструкція запропонованого кормового візка передбачає наявність копіювального пристрою, необхідно визначити такі його параметри як виліт осі обертання штанги копіра щодо поперечного транспортера та його довжину. У загальному вигляді процес копіювання поверхні за різних значень довжини копіра представлений на рис. 2.4.

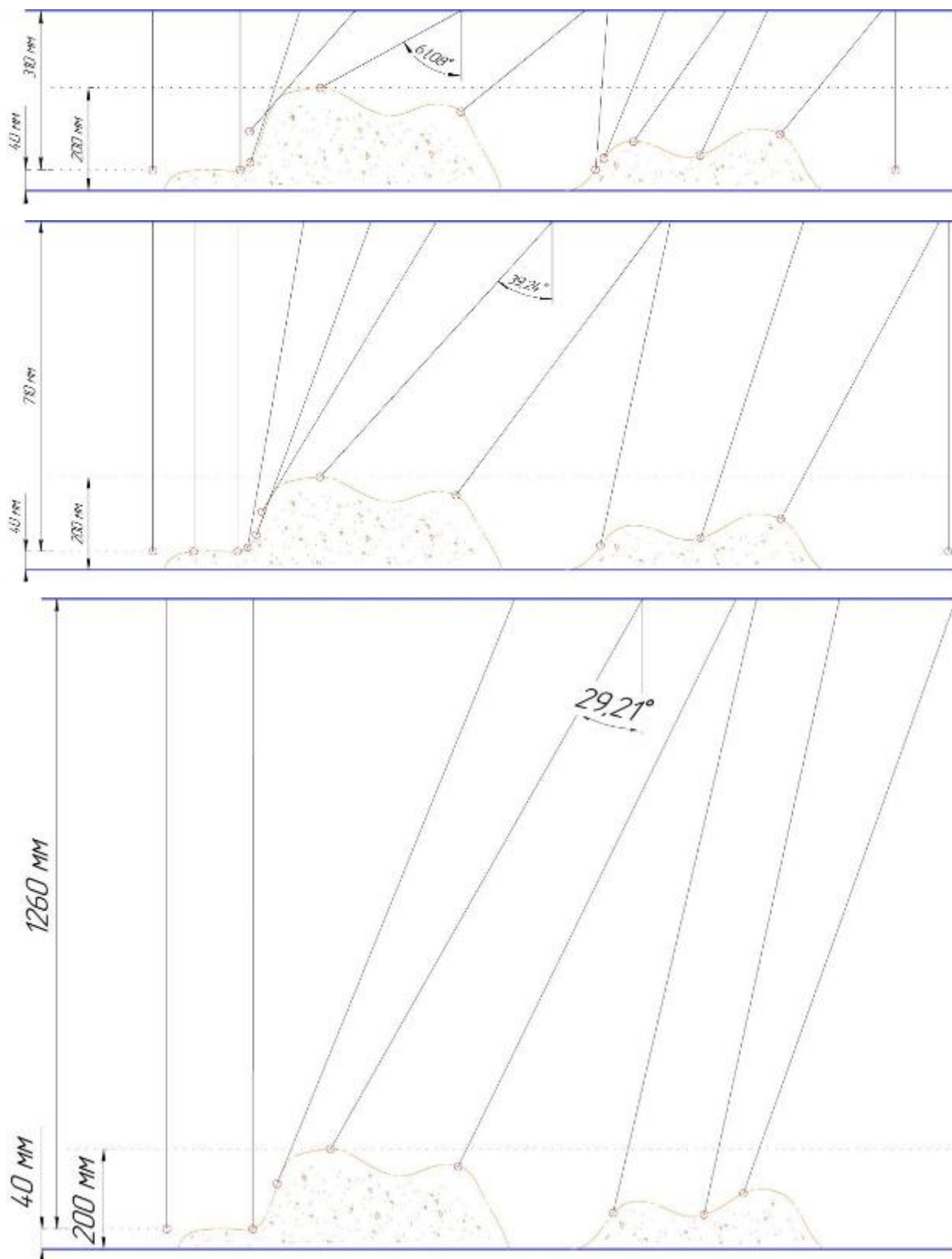


Рисунок 2.4 - Процес копіювання поверхні шару кормосуміші копіром

Візуальний аналіз показує, що допустимі значення даного параметра знаходиться в межах 750...1300 мм при висоті шару суміші, що відповідає но-



рмі видачі 30 кг/гол. При цьому, чим більше значення, тим менше кут відхилення копіра, що призводить до необхідності використання електронних пристроїв з високою точністю роботи. При малих значеннях довжини копіра порушується процес копіювання поверхні кормосуміші.

Для визначення оптимальних значень даних параметрів необхідно здійснити лабораторні випробування.

Основним конструктивним параметром кормового візка є його довжина, оскільки ширина кормового візка обмежується вимогами по мінімальній ширині кормового проходу та максимального коефіцієнта заповнення бункера кормового візка, а висота обмежується відразу переліком вимог: вимогами щодо безпеки, що до мініимальної відстані від підлоги до нижньої частини кормового візка; висотою монтажу підвісної рейки; висотою бітерного механізму.

Закордонний досвід машинобудування показує, що існує тенденція створення машин модульного типу з можливістю їх нарощування за потреби. Так, наприклад, кормові візки DeLaval RA135 пропонуються в основному виконанні об'ємом  $2,5 \text{ м}^3$ , при цьому можливе підвищення об'єму до  $3,1$  та  $3,7 \text{ м}^3$  за рахунок збільшення довжини на  $0,5$  та  $1 \text{ м}$  відповідно. Інший приклад - бункери-накопичувачі модульного типу GEA MM8.

З метою обґрунтування конструктивних параметрів за основу вибрано конструкція кормового візка схематично зображена на рис. 2.5. На малюнку вказані такі параметри:  $A$ ,  $B$  та  $H$  - відповідно довжина, ширина та висота шару кормосуміші в бункері кормового візка (м);  $a$  та  $b$  - відповідно довжина та ширина робочої частини вивантажувального транспортера (м);  $V_{\text{КВ}}$ ,  $V_{\text{ПОЗ}}$  і  $V_{\text{ВИВ}}$  - відповідно швидкості руху кормового візка, поздовжнього та поперечного (вивантажувального) транспортерів (м/с).

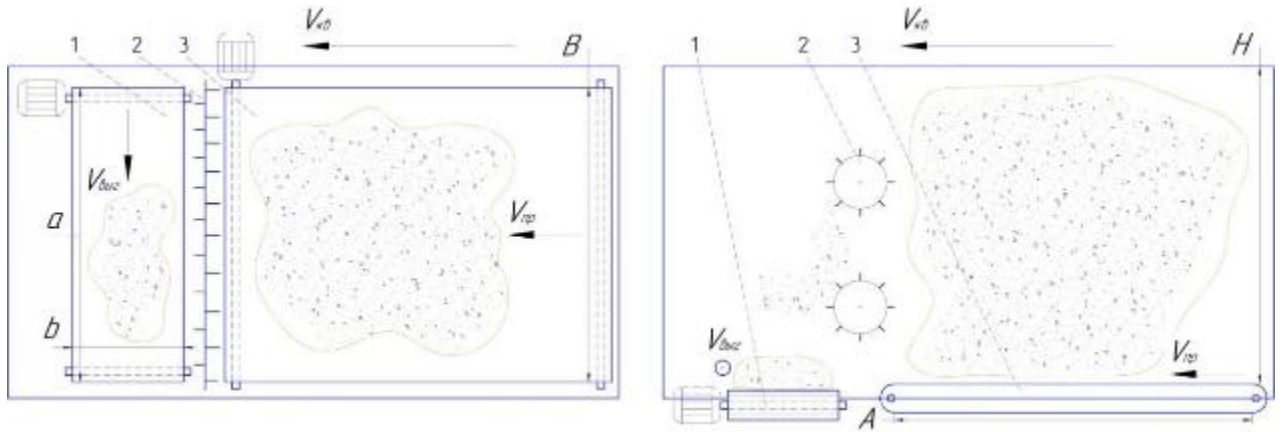


Рисунок 2.5 - Схема кормового візка. Вид зверху (ліворуч) та вид збоку (праворуч): 1 - поперечний транспортер; 2 - бітерний механізм; 3 - поздовжній транспортер

Для визначення швидкості руху поздовжнього транспортера  $V_{\text{поз}}$  за наявною масою кормосуміші в бункері кормового візка  $M_{\text{к}}$  (кг) та встановленою нормою видачі на одну голову  $m_{\text{гол}}$  (кг/гол) скористаємося умовою: за час  $l_{\text{к}}/V_{\text{кв}}$  (с), протягом якого кормовий візок пройде відстань, що дорівнює довжині одного кормового місця  $l_{\text{к}}$  (м), необхідно вивантажити разову норму видачі кормосуміші  $m_{\text{гол}}$  (кг/гол). Тоді відношення  $M_{\text{к}}/m_{\text{гол}}$  має дорівнювати відношенню довжини шару кормосуміші в бункері кормового візка до відстані, на яку зміститься поздовжній транспортер за час  $l_{\text{к}}/V_{\text{кв}}$ .

На підставі цієї умови отримуємо формулу для обчислення  $V_{\text{поз}}$  :

$$\frac{M_{\text{к}}}{m_{\text{гол}}} = \frac{A}{V_{\text{поз}} \cdot l_{\text{к}}/V_{\text{кв}}} \rightarrow V_{\text{поз}} = \frac{m_{\text{гол}} \cdot A \cdot V_{\text{кв}}}{M_{\text{к}} \cdot l_{\text{к}}}, \text{ м/с.} \quad (2.1)$$

Аналогічно вирішуємо задачу визначення швидкості  $V_{\text{поз}}$  по обсягу кормосуміші в бункері  $v_{\text{к}}$  (м<sup>3</sup>) та встановленій нормі видачі на одну голову  $v_{\text{гол}}$  (м<sup>3</sup>/гол):

$$\frac{v_{\text{к}}}{v_{\text{гол}}} = \frac{B \cdot H \cdot A}{b_{\text{сл}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot l_{\text{к}}} = \frac{A}{V_{\text{поз}} \cdot l_{\text{к}}/V_{\text{кв}}} \rightarrow V_{\text{поз}} = \frac{b_{\text{сл}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot V_{\text{кв}}}{B \cdot H}, \text{ м/с,} \quad (2.2)$$

де  $b_{сл}$  і  $h_{сл}$  - відповідно ширина і висота шару кормосуміші, що формується на кормовому столі, м.

Для узгодження швидкості руху поперечного транспортера  $V_{вив}$  з швидкістю поздовжнього  $V_{поз}$  задаємося умовою рівності продуктивностей даних транспортерів:

$$Q_{поз} = Q_{вив} \rightarrow B \cdot H \cdot V_{поз} = b \cdot h_{max} \cdot V_{вив} \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{вив} = \frac{V_{поз} \cdot B \cdot H}{b \cdot h_{max}}, \text{ м/с.} \quad (2.3)$$

Для визначення параметра  $h_{max}$  уявімо, що процес подачі кормосуміші з поздовжнього транспортера на поперечний протікає уривчасто і є послідовною циклічною зміною двох станів: подача кормосуміші на поперечний транспортер протягом часу  $\Delta t \rightarrow$  рух поперечного транспортера протягом часу  $\Delta t$  (рис. 2.6).

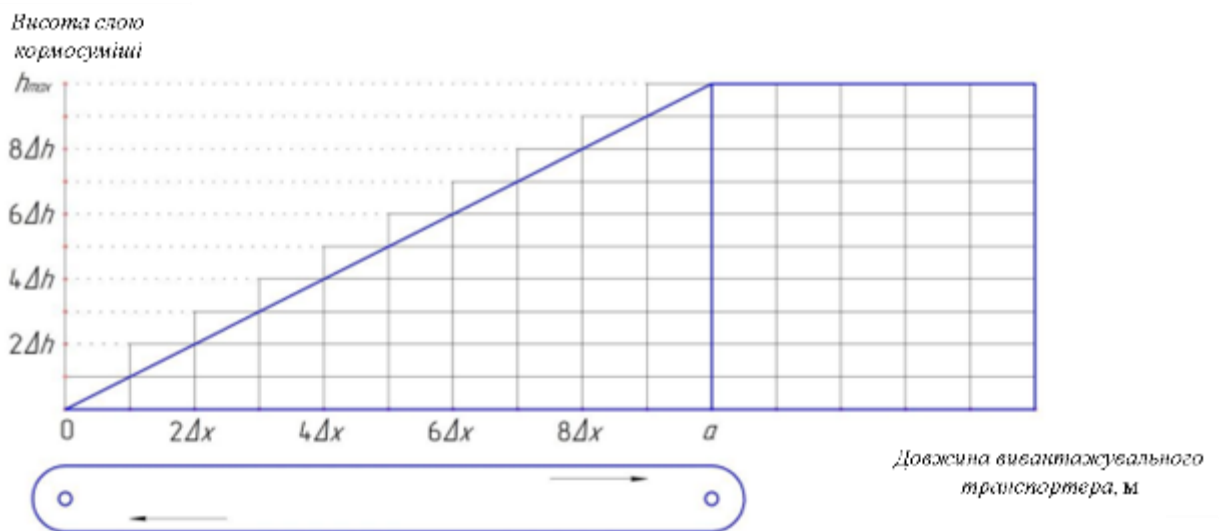


Рисунок 2.6 - шар кормосуміші, що формується на вивантажувальному транспортері

За час  $\Delta t = a / 10 \cdot V_{вив}$  (час, за який поперечний транспортер зміститься на відстань  $\Delta x = a / 10$ ) поздовжній транспортер зміститься на відстань у стільки разів менша, у скільки разів швидкість  $V_{вив}$  більша  $V_{поз}$ , тобто. на відстань  $(a \cdot V_{поз}) / (10 \cdot V_{вив})$ . При цьому обсяг кормосуміші, поданий на вивантажувальний транспортер за час  $\Delta t$ , дорівнюватиме:  $\Delta v = B \cdot H \cdot (a \cdot V_{поз} / 10 \cdot V_{вив})$ . Той самий

обсяг кормосуміші можна обчислити через параметри поперечного транспортера:  $\Delta v = a \cdot b \cdot \Delta h$ . Звідси отримуємо формулу для обчислення  $\Delta h$ :

$$\Delta h = \frac{V_{\text{поз}} \cdot B \cdot H}{10 \cdot b \cdot V_{\text{вив}}}, \quad \text{м.}$$

(2.4)

Помноживши цей вираз на 10, ми отримаємо формулу для обчислення параметра  $h_{\text{max}}$ , що з формули (2.3). Таким чином, значення параметра  $h_{\text{max}}$  відповідає висоті шару кормосуміші, що надходить з вивантажувального транспортера при режимі його роботи, що встановився.

Для можливості обчислення швидкості  $V_{\text{вив}}$  за формулою (2.3) задаємося умовою: щоб уникнути заторів на вивантажувальному транспортері, приймаємо допустиме значення параметра  $h_{\text{max}}$  при максимально можливій нормі видачі, наприклад  $h_{\text{max}} = 0,4$  м.

Таким чином, користуючись формулою (2.3), ми визначаємо оптимальну швидкість руху поперечного транспортера  $V_{\text{вив}}$ , попередньо обчисливши максимально можливу швидкість руху поздовжнього транспортера  $V_{\text{поз}}$  за формулою (2.1) або (2.2).

## **2.2 Обґрунтування швидкісних параметрів кормового візка залежно від прийнятої схеми годівлі**

У ході дослідження на молочно-товарній фермі, де функцію роздачі кормів виконують кормові візки DeLaval RA135, було виявлено, що розраховувати норму видачі кормосуміші на певний фронт годівлі працівникам ферми доводилося емпіричним способом. Оскільки дані системи націлені на годівлю стада при поділі його на технологічні групи, які можуть змінюватися, у зв'язку з чим змінюється і фронт годівлі, необхідно розробити рекомендації щодо ви-

значення параметрів роботи кормового візка типу DeLaval RA135 в залежності від обраної схеми годівлі та фронту годівлі тварин.

Норма видачі в кормовому візку DeLaval RA135 регулюється швидкістю руху поздовжнього транспортера, що подає кормосуміш до поперечного транспортера або вивантажувального лотка, та швидкістю руху самого кормовий візок. Для обох параметрів передбачено 4 режими роботи: 25, 50, 75 та 100 % від максимальної швидкості.

Фронт годівлі  $L_i$  (м), вздовж якого вся кормозмішування для  $i$ -ої групи рівномірно подається з кормового візка, визначається за формулою:

$$L_i = V_{p,i} \cdot t_{\text{вив},i} \cdot 10^3, \text{ м}, \quad (2.4)$$

де

- $L_i$  - фронт годівлі, вздовж якого розміщується перша група тварин, м;
- $V_{p,i}$  - швидкість руху кормового візка при роздачі для  $i$ -ої групи, км/год;
- $t_{\text{вив},i}$  - час повного вивантаження кормосуміші з бункера кормового візка, год.

При розрахунках, для режимів роботи, що відповідають максимальній швидкості (100%), прийнято такі значення:  $V_{p,i} = 1$  км/год;  $t_{\text{вив},i} = 0,027$  год (при довжині бункера кормового візка 2,85 м та швидкості руху транспортера 1,76 м/хв).

На підставі формули (2.10) була складена таблиця (табл. 2.1), що дозволяє вибрати швидкості руху поздовжнього транспортера та кормового візка типу DeLaval RA135 при роздачі кормосуміші для конкретного фронту годівлі  $L_i$ (м).

Таблиця 2.1 - Вибір швидкісних параметрів кормового візка в залежності від фронту годівлі

Швидкість руху поздовжнього транспортера $V_{тр.і}, \%$	Час виванта- ження комо- суміші $t_{вив.і}, год$	Швидкість руху кормового візка при розда- ванні $V_{р.і}, км/год$			
		0,25	0,50	0,75	1,00
25	0,108	27	54	81	108
50	0,054	13,5	27	40,5	54
75	0,036	9	18	27	36
100	0,027	6,75	13,5	20,25	27

Через обмежену кількість регулювань необхідно точно планувати відстані, у яких розміщуються групи тварин, так як змінюючи швидкості руху кормового візка та поздовжнього транспортера можна отримати лише 11 унікальних норм видачі.

Можливі такі схеми завантаження кормового візка за його автоматичної роботи:

- А) для роздачі однією групу тварин;
- Б) для роздачі частина групи;
- В) для роздачі на кілька груп при однаковій нормі видачі;
- Г) для роздачі на кілька груп при різній нормі видачі та однаковому фронті годівлі;
- Д) для роздачі на кілька груп при різній нормі видачі та різному фронті годівлі.

Розглянемо кожну схему завантаження.

Схема А) Як правило, годівля тварин за допомогою кормових візків відбувається окремо для кожної групи, оскільки використовуються різні раціони.

І тут швидкісні параметри вибираються безпосередньо з табл. 2.1 для відповідного фронту годівлі, наприклад: при розміщення технологічної групи № 1 ділянки  $L_1 = 18$  м вибираються параметри  $V_{p,1} = 0,5$  км / год,  $t_{\text{вив},1} = 0,036$  год ( $V_{\text{тр},1} = 75\%$ ).

Схема Б) Оскільки кормові візки мають невеликий об'єм бункера (зазвичай 2-3 м<sup>3</sup>), обслуговування однієї групи може знадобитися кілька рейсів, особливо за малої кратності годівлі і високій чисельності тварин у цій групі. І тут загальний фронт годівлі ділиться необхідну кількість відрізків, а швидкісні параметри вибираються окремо кожному за відрізка за аналогією з розглянутим вище прикладом.

Схема В) Зустрічаються випадки, коли тварини отримують один і той же раціон у однаковій чи різній пропорції. Наприклад, схема годівлі частково змішаним раціоном (partial mixed ration - PMR). При такій схемою тварини отримують основні корми у вигляді кормосуміші, а ті, що залишилися концентрати – індивідуально через кормову станцію, у доїльному роботі або за допомогою спеціального кормового візка для видачі концентратів.

У разі однакової пропорції визначається загальний фронт годівлі: наприклад, при розміщенні двох груп тварин на ділянках  $L_1 = 36$  м і  $L_2 = 18$  м загальний фронт годівлі  $L_{1+2} = 54$  м, тоді швидкісні параметри кормового візка цих ділянок вибираються по табл. 2.9 для фронту годівлі 54 м.

Схема Г) У тому випадку, коли раціон видається в різній пропорції кільком групам тварин, розміщених на ділянках однакової довжини, вирішується таке завдання: наприклад, є 3 групи тварин, розміщених на ділянках  $L_1 = L_2 = L_3 = 18$  м; у кормовий візок завантажено 1000 кг суміші; для 1, 2 та 3 групи необхідно роздати відповідно 280, 350 та 370 кг (28, 35 і 37% від усієї маси кормосуміші в бункері).

Вибираючи швидкісні параметри  $V_{p,i}$  та  $t_{\text{вив},i}$  за табл. 2.1 для кожного з ділянок  $L_i$ , ми досягаємо повного розвантаження кормового візка. Щоб вибрати параметри, при яких видаватиметься  $x$  % від усієї кормосуміші в бункері на відрізок довжиною  $L_i$  слід скористатися формулою:

$$L_i = V_{p.i} \cdot t_{\text{вив.}i} \cdot 10^3, \text{ м}, \quad (2.5)$$

Для групи №1 отримуємо:  $L_1 = 18$  м,  $L_1(28\%) = 64,29$  м. Це означає, що для рівномірної видачі 28 % суміші, що знаходиться в кормовому бункері візка, на відрізку довжиною 18 м, необхідно вибрати швидкісні параметри, відповідні повному розвантаженню кормового візка на відрізку завдовжки 64,29 м. Вибір таких параметрів неможливий для типу, що розглядається кормових візків. Найближчі значення фронту годівлі, на які можна налаштувати пристрій, складають 54 та 81 м.

Якщо допустити можливість видачі  $x$  % кормосуміші у два етапи - при рух кормового візка вперед і назад, то, повертаючись до розв'язуваного завдання, вибираємо швидкісні параметри для повного вивантаження кормосуміші на відрізку 81 м. Щоб визначити, яка її кількість при цьому видається, слід скористатися формулою, отриманою на підставі формули (2.5):

$$x \% = \frac{L_i(100\%)}{L_i(x \%)} \cdot 100\%, \quad (2.6)$$

де

$x$  % - масова частка від суміші, що знаходиться в бункері кормового візка, яка видається ділянці довжиною  $L_i$ , %;

$L_i(100\%)$  - фронт годівлі довжиною  $L_i$ , котрій вибираються швидкісні параметри кормового візка по табл. 1, щоб забезпечити вивантаження 100% кормосуміші, м (у цьому прикладі  $L_i(100\%) = 18$  м);

$L_i(x\%)$  - фронт годівлі, котрій вибираються швидкісні параметри кормового візка по табл. 2.9, щоб забезпечити часткове вивантаження  $x$  % кормосуміші на ділянці довжиною  $L_i$ , м (у даному прикладі  $L_i(x\%) = L_i(28\%) = 64,29$  м).



Користуючись формулою (2.6), отримуємо: вздовж фронту годівлі довжиною 18 м при виборі швидкісних параметрів, що відповідають повному розвантаженню кормового візка на ділянці завдовжки 81 м, видається  $(18 \text{ м} / 81 \text{ м}) \cdot 100\% = 22,22\%$  всього обсягу суміші в бункері. Решта  $28\% - 22,22\% = 5,78\%$  кормосуміші можна видати на тій самій ділянці завдовжки 18 м, якщо вибрати із табл. 2.9 швидкісні параметри, за яких здійснюється повне розвантаження кормового візка на ділянці, довжина якого визначається з виразу (2.5):  $L_1(5,78\%) = (18 \text{ м} / 5,78\%) \cdot 100\% = 311,42 \text{ м}$ . Вибір таких параметрів також неможливий.

Схема Д) У тому випадку, коли кормовий візок завантажується для роздачі суміші в різній пропорції кільком групам тварин, розміщених на ділянках різної довжини, вирішується наступне завдання: наприклад, є 3 групи тварин, які розміщені на ділянках  $L_1 = 18 \text{ м}$ ,  $L_2 = 20,25 \text{ м}$ ,  $L_3 = 36 \text{ м}$ ; у кормовий візок завантажено 1000 кг суміші; для 1, 2 та 3 групи необхідно роздати відповідно 220, 250 та 530 кг (22, 25 та 53 % від усієї маси кормосуміші в бункері).

До кожного фронту  $L_i$  за такою формулою (2.6) визначаємо відповідний фронт годівлі  $L_i(x\%)$ . Потім табл. 2.1 для одержаних значень  $L_i(x\%)$  вибираємо відповідні параметри кормового візка  $V_{p,i}$  та  $t_{\text{виг},i}$  та використовуємо їх на ділянках  $L_i$ .

Для групи № 1 отримуємо:  $L_1 = L_1(100\%) = 18 \text{ м}$ ,  $x\% = 22\%$ ,  $L_1(22\%) = 18 \text{ м} \cdot (100\% / 22\%) = 81,82 \text{ м}$ . Таким чином, щоб видати 22% кормосуміші на ділянці  $L_1 = 18 \text{ м}$ , необхідно вибрати швидкісні параметри, при яких відбувається повне розвантаження кормового візка на ділянці  $L_1(22\%) = 81,82 \text{ м}$ . Аналогічним чином ведеться розрахунок для двох груп, що залишилися.

Таким чином, тип кормових візків, що розглядається, практично неможливо налаштувати на годівлю тварин в автоматичному режимі розглянутим вище схемам Г та Д.

Тому одним із напрямів підвищення ефективності використання кормових візків є збільшення кількості регулювань для зміни норми видачі залежно

від конкретних виробничих умов, що визначають також потрібну вантажопідйомність кормового візка.

### 2.3 Обґрунтування складу технологічної лінії приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ

Основним недоліком автоматичних систем годівлі є їх висока вартість (від 80 до 170 тис. євро). При цьому істотна частка витрат припадає на придбання бункерів-накопичувачів для автоматичної подачі компонентів раціонів у бункер стаціонарного змішувача або кормового візка, оснащеного пристроєм для подрібнення та/або змішування. Тому кількість компонентів серйозно впливає на вартість системи.

Іншим важливим недоліком є мала продуктивність цих систем. Так, наприклад, система Lely Vector, що включає два кормових робота вартістю кожен 75 000 Євро і грейферний захоплення з мостовим краном вартістю 120 000 Євро (у сумі 270 000 Євро) здатна обслуговувати стадо в 500\* голів (\*значення взято з технічної характеристики системи Vector на офіційному сайті виробника Lely).

Для забезпечення застосування кормових візків з мінімальним набором супутнього обладнання та підвищення їхньої продуктивності нами запропоновано технологічну лінію приготування та роздачі кормосумішей, схематично представлену на рис. 2.12 [78].

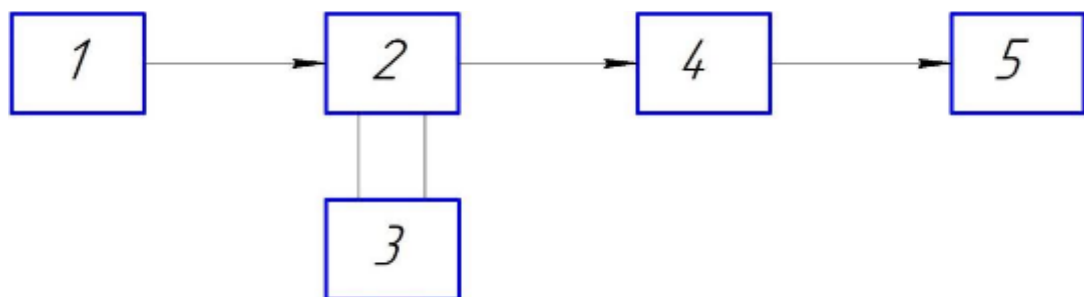


Рисунок 2.7 - Технологічна схема лінії приготування та роздачі кормосумішей:

1 - мобільний кормоцех, 2 - бункер-накопичувач, 3 - вагова система, 4 - транспортер, 5 - кормовий візок

Технологічна лінія працює в такий спосіб. Мобільний кормоцех готує кормосуміші різних раціонів годівлі та вивантажує їх у відповідні бункери-накопичувачі, оснащені ваговою системою. При необхідності завантаження кормового візка кормосумішню відповідного раціону годівлі бункер-накопичувач завдяки ваговій системі видає необхідну кількість кормосуміші на транспортер, який завантажує її в кормовий візок для подальшої роздачі відповідної технологічної групи тварин.

Бункери-накопичувачі випускають практично всі виробники автоматичних систем годівлі.

Наприклад, у компанії GEA Farm Technologies GmbH в асортименті існують дві моделі кормових бункерів для основних кормів. GEA MM8 модульного типу із можливістю збільшення обсягу від 8 до 32 м<sup>3</sup> за рахунок нарощування секцій від однієї до чотирьох використовується для розпушування кормів. GEA GM17 об'ємом 17 м<sup>3</sup> (рис. 2.13) підходить для роботи практично з будь-якими кормами як у сипучому стані, так і в блоках, які розпушуються бітерним пристроєм.



Рисунок 2.8 - Бункер-накопичувач GEA GM17

Шведський виробник DeLaval випускає кормові бункери об'ємом від 9 до 42 м<sup>3</sup> для роботи з кормами в сипучому стані або в блоках. Описане обладнання може розміщуватися всередині корівників, просто неба або під навісами, а також монтуватися в стіну корівника. При установці кормові бункери розташовуються горизонтально чи під кутом.

Необхідні розміри бункерів-накопичувачів окремих раціонів визначаються за формулою:

$$V_{\text{бун},i} = N_i \cdot m_{\text{доб},i} \cdot (1/\rho_i) \cdot (1/n_i) \cdot (1/V_{\text{бун},i}(\%)) \cdot 100, \quad (2.7)$$

де

$N_i$  - кількість тварин в  $i$ -ої групи, які отримують однаковий раціон, гол;  
 $m_{\text{сут},i}$  - добова норма видачі кормосуміші на голову в  $i$ -ої групи, кг;

$\rho_i$  - щільність кормосуміші для  $i$ -ої групи, кг/м<sup>3</sup>;  
 $n_i$  - кратність заповнення бункера-накопичувача для  $i$ -ої групи, раз/добу;  
 $V_{\text{бун},i}(\%)$  - використовуваний обсяг бункера-накопичувача для  $i$ -ої групи, %.

При цьому загальний час приготування та роздачі кормосуміші для кожної технологічної групи складатиметься з часу приготування кормосуміші мобільним кормоцехом, її вивантаження в бункер-накопичувач та часу роздачі кормовим візком за формулою:

$$T_k = T_{\text{к.МК}} + T_{\text{к.КВ}} \quad (2.8)$$

де

$T_{\text{к.МК}}$  - час приготування кормосуміші мобільним кормоцехом та її вивантаження в бункер-накопичувач, обчислений за формулою (2.1), год;

$T_{\text{к.КВ}}$  - час роздачі кормосуміші кормовим візком, обчислений за формулою (2.5), год.

Необхідна кількість мобільних кормоцехів або кормових візків визначатиметься за формулою:

$$n_k = \frac{T_{ki}}{[T_k]} \quad (2.9)$$

де

$T_{ki}$  - час обслуговування всього поголів'я тварин, що визначається за формулами (2.1) чи (2.5).

Підвищення продуктивності лінії забезпечується за рахунок того, що приготування відповідного раціону годівлі мобільним кормоцехом може здійснюватися безперервно, а завантаження кормового візка заданою кількістю кормосуміші відповідного раціону годівлі забезпечується бункером-

накопичувачем, оснащеним ваговою системою. При цьому мобільний кормоцех може в цей час продовжувати готувати кормові раціони або обслуговувати технологічні групи тварин на вигульно-кормових майданчиках.

## **2.4 Висновки**

Виконані теоретичні дослідження дозволили отримати математичні моделі визначення часу приготування та роздачі кормосумішей мобільним кормоцехом, часу роздачі кормосуміші кормовим візком, визначення конструктивно-режимних параметрів кормового візка.

Обґрунтовано склад технологічної лінії приготування та роздачі кормосуміші на фермах ВРХ, що забезпечує підвищення її продуктивності. Для підтвердження одержаних теоретичних залежностей необхідно провести відповідні експериментальні дослідження.

## **3 Лабораторні дослідження системи автоматичного зміни норми видачі кормового візка**

### **3.1 Методика лабораторних досліджень**

#### **системи автоматичного зміни норми видачі кормового візка**

Для проведення досліджень системи автоматичної зміни норми видачі кормового візка нами розроблено лабораторну установку, моделює роботу кормового візка (рис. 3.1).

Установка складається з приводної станції та колійного візка, який переміщається по напрямних рейках.

Приводна станція складається з електродвигуна потужністю 5,5 кВт та циліндричного редуктора, з'єднаних ланцюговою передачею. На вихідному валу редуктора встановлено фланець, до якого кріпиться приводний барабан відповідного діаметра. На барабан намотаний трос, інший кінець якого закріплений на колійному візку. Рух візка здійснюється за рахунок обертання приво-

дною барабана та, відповідно, намотування на нього троса. Зміна швидкості руху колійного візка відбувається шляхом заміни приводного барабана на барабан більшого або меншого діаметра, або за рахунок заміни зірочок ланцюгових передач. В умовах проведення експерименту швидкість руху колійного візка склала 0,3 м/с.

На раму колійного візка встановлений поперечний стрічковий вивантажувальний транспортер від кормороздавача КСА-5Б, привід якого здійснюється через ланцюгову передачу за допомогою мотор-редуктора потужністю 1,55 кВт і передатним відношенням 37, підключеного до мережі через частотний перетворювач (ЧП) Веспер Е2-8300-005Н. Вихідний вал редуктора з'єднаний з приводним валом вивантажувального транспортера ланцюговою передачею з передатним ставленням 1,4. Зміна швидкості руху вивантажувального транспортера відбувається шляхом заміни приводних зірочок та/або за рахунок налаштування ЧП.



Рисунок 3.1 - Загальний вигляд лабораторної установки системи автоматичної зміни норми видачі кормосуміші кормовим візком: привідна станція (ліворуч) та колійний візок (праворуч)

Як матеріал для випробування замість кормової суміші використовували тирсу. Для підвищення вологості, і, відповідно, в'язкості матеріалу, і зменшення пило виділення тирса витримувалися 24 години на морозі і потім ще 24 години в приміщенні, що опалюється. Внаслідок перепаду температур на тирсі конденсувалася волога.

В умовах проведення експерименту максимальна швидкість руху транспортера становило 0,2 м/с, при цьому повне розвантаження транспортера відбувалася за 5,7 секунди при довжині шару тирси 1,15 м та висоті 0,16 м. Висота розвантаження становила 0,54 м-коду.

Функцію кормового столу виконував виготовлений із пластикових панелей короб розмірами 2120x255x260 мм (Д x Ш x В), що забезпечує повне розвантаження транспортера по всій довжині короба.

Ключовим елементом конструкції лабораторної установки є копір, шарнірно закріплений по ходу руху візка. Навпроти осі обертання копіра встановлено змінний резистор, включений у ланцюг із частотним перетворювачем. Передача крутного моменту від осі обертання копір на вісь резистора здійснюється за рахунок посаженої на їх кінці силіконової трубки, що грає роль сполучної муфти. Така конструкція компенсує відхилення від співвісного становища, а також захищає резистор від механічних навантажень, що виникають внаслідок обертання копіру. Запобігання поломці резистора при провертанні копіра від вертикального положення у бік руху візка під час його падіння забезпечує обмежувач. Як елемент копіра, що контактує з тирсою, обраний валик, що обертається навколо своєї осі.

### **3.2 Результати лабораторних досліджень системи автоматичного зміни норми видачі кормосуміші кормовим візком**

На рис. 3.2 представлені результати вимірів висоти отриманих профільних поверхонь при роздачі в порожній короб для значень частоти струму, що



живить приводний електродвигун,  $\nu = 50, 55$  і  $60$  Гц (відображення рисунку відповідно зверху вниз).

За результатами вимірів при режимі вивантажувального транспортера, що встановився, висота профільної поверхні після роздачі в порожній короб (еталонна) знаходилася в межах (значення, які при цьому враховувалися, зазначені на рис. 3.2 маркерами):

- при  $\nu = 60$  Гц - 210-239 мм (у середньому 225 мм);
- при  $\nu = 55$  Гц - 204-221 мм (у середньому 212 мм);
- при  $\nu = 50$  Гц - 188-209 мм (загалом 198 мм).

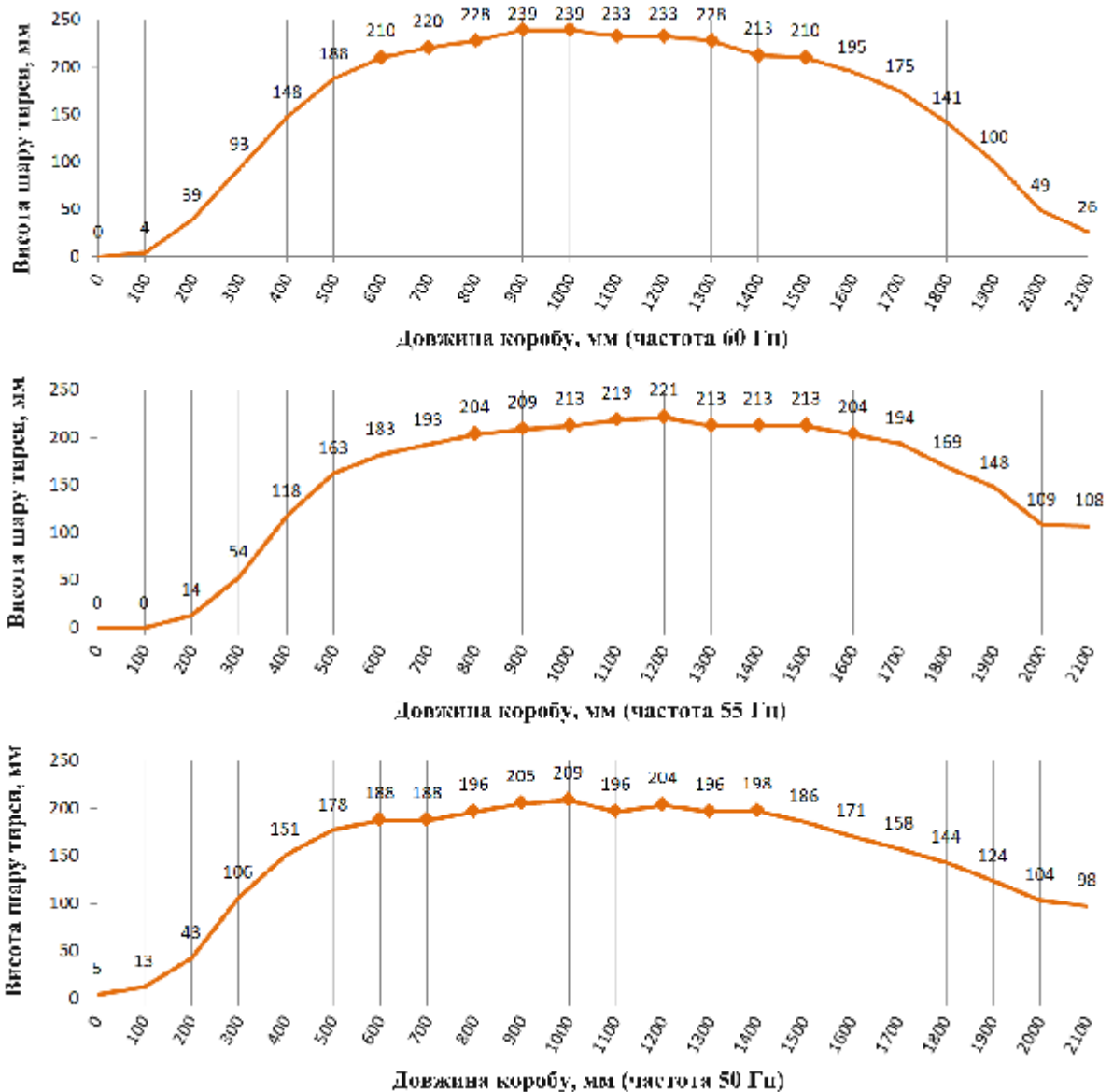


Рисунок 3.2 - Отримані профільні поверхні при роздачі в порожній короб

Оскільки за високої швидкості руху вивантажувального транспортера під час роздачі в короб із виготовленою профільною поверхнею відбувалося пересипання тирси за борти короба, то для подальших випробувань було обрано частоту  $\nu = 50$  Гц.

Для перевірки працездатності системи автоматичної зміни норми видачі в коробі було виготовлено профільну поверхню, що виконує функцію залишків кормосуміші (рис. 3.3) (фотографія була дзеркально розгорнута у програмі XnView). Її максимальна висота відповідає середню висоту профільної поверхні (відхилення становить -4%), отриманої при роздачі в порожній короб при частоті  $\nu = 50$  Гц (рис. 3.2)

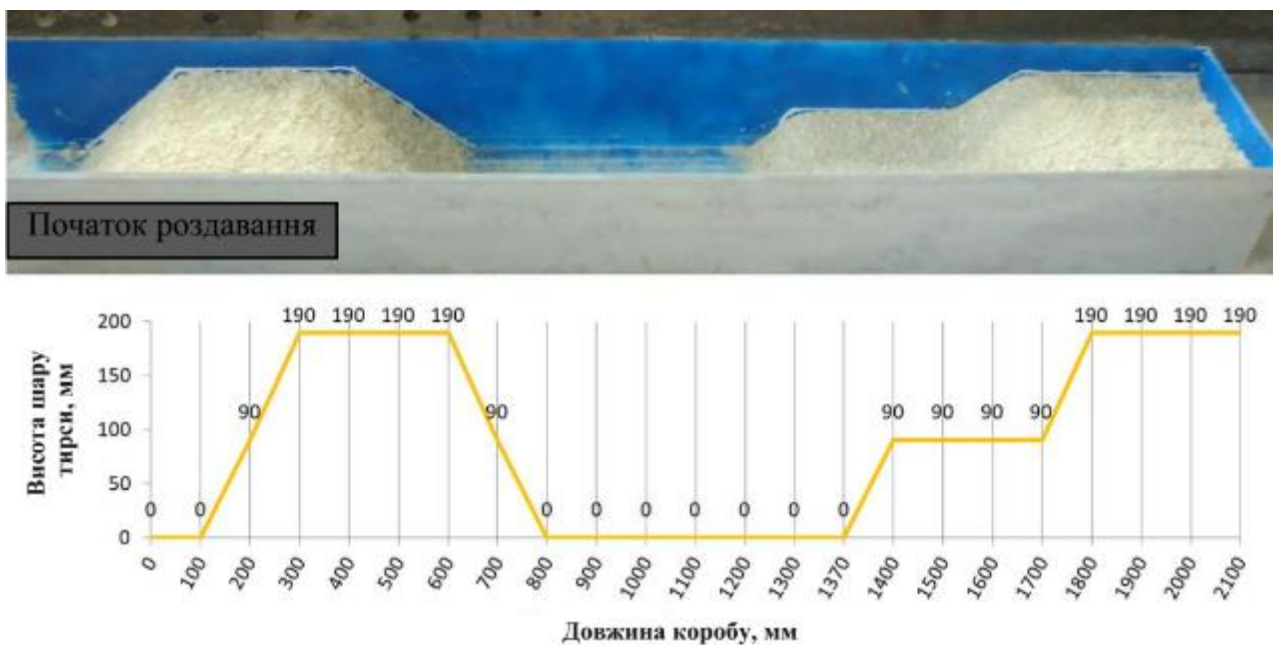


Рисунок 3.3 - Виготовлена у коробі профільна поверхня залишків Кормосуміші

Далі оцінювався вплив висоти підвісу осі обертання копіра  $h_k$  і його вильоту щодо вивантажувального транспортера  $L_k$  на рівномірність роздачі в короб із виготовленою профільною поверхнею. Керуючий вплив копіра програ-

мувався в параметрі 7-01 обраного ЧП таким чином, щоб при підйомі валика копіра на висоту  $195 \pm 10$  мм вивантажний транспортер зупинявся.

Результати роздачі при  $h_k = 550$  мм і  $L_k = 240, 385$  і  $500$  мм (відповідно мінімальний, середній та максимальний вильоти) представлені на Рис. 3.4 (розташування малюнку відповідно зверху вниз). При цьому значення параметра 7-01 дорівнює 93.

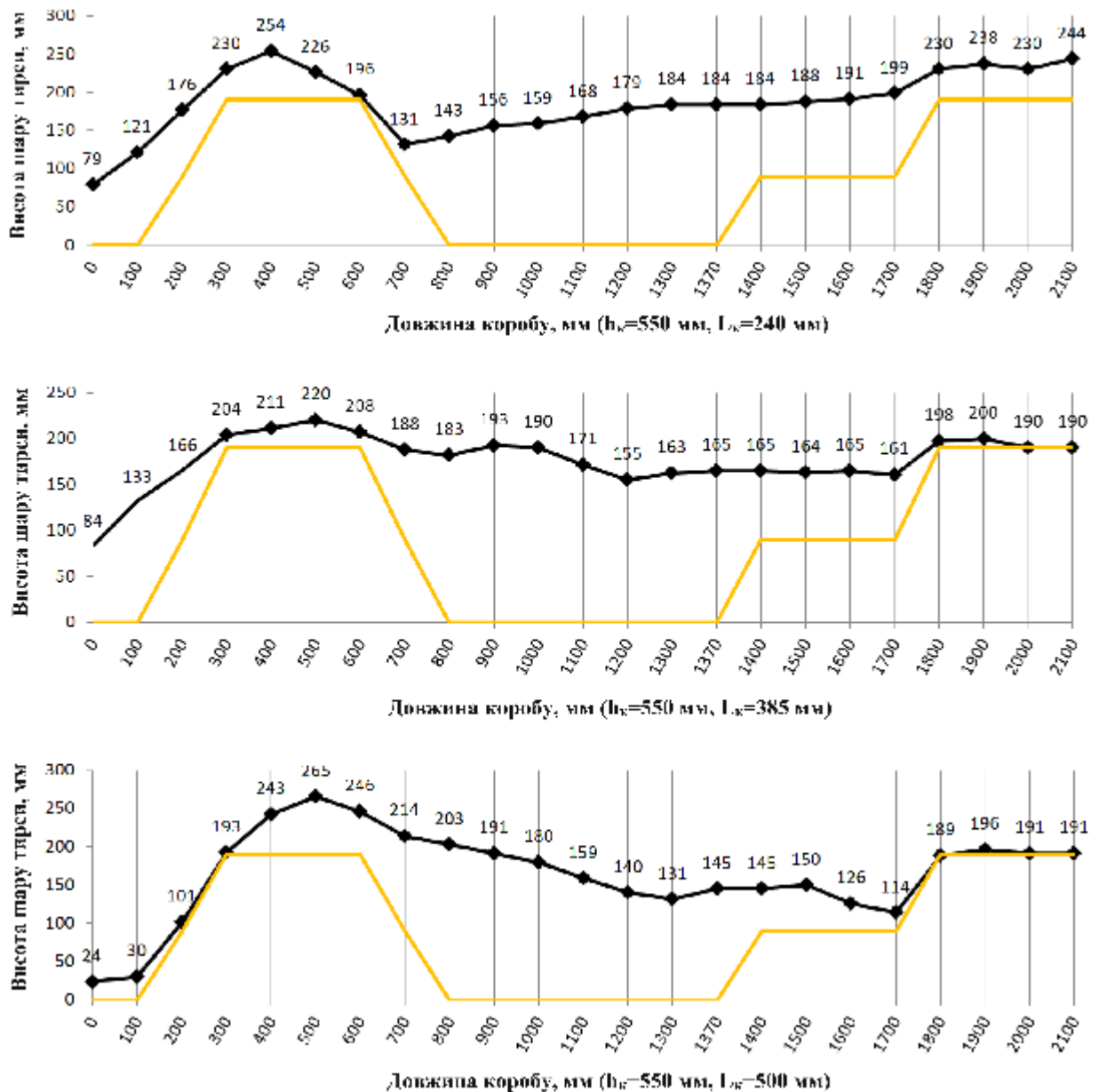


Рисунок 3.4- Результати вимірів із виготовленою профільною поверхнею при  $h_k = 550$  мм

Роздача здійснювалася так: після запуску приводної станції, у момент, коли копір досягав початку короба, здійснювався запуск вивантажувального транспортера. Швидкість його руху при переміщенні візка автоматично регулювалася копіром залежно від висоти шару тирси, що знаходяться в коробці.

Результати роздачі при  $h_k = 740$  мм і  $L_k = 240, 385$  і  $500$  мм (відповідно мінімальний, середній та максимальний вильоти) представлені на Рис. 3.5 (розташування малюнку відповідно зверху вниз). При цьому значення параметра 7-01 дорівнює 95.

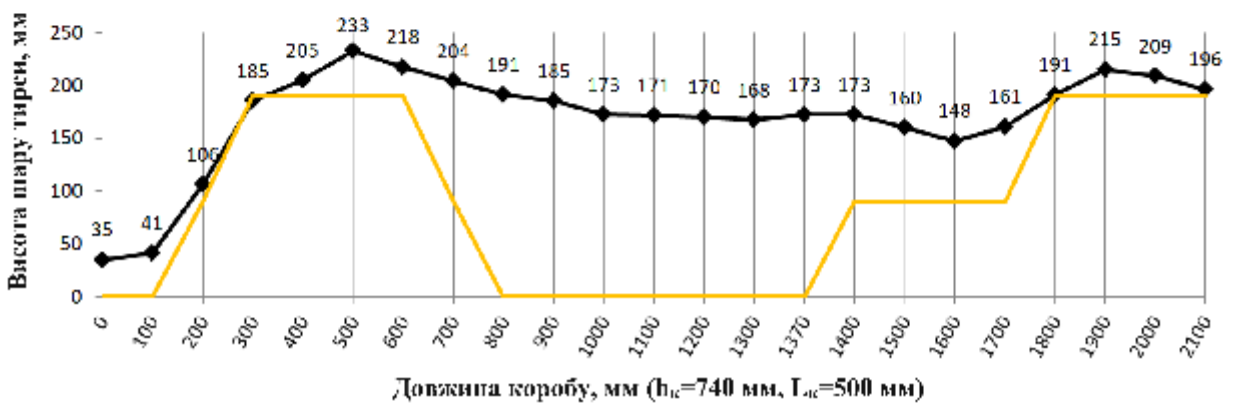
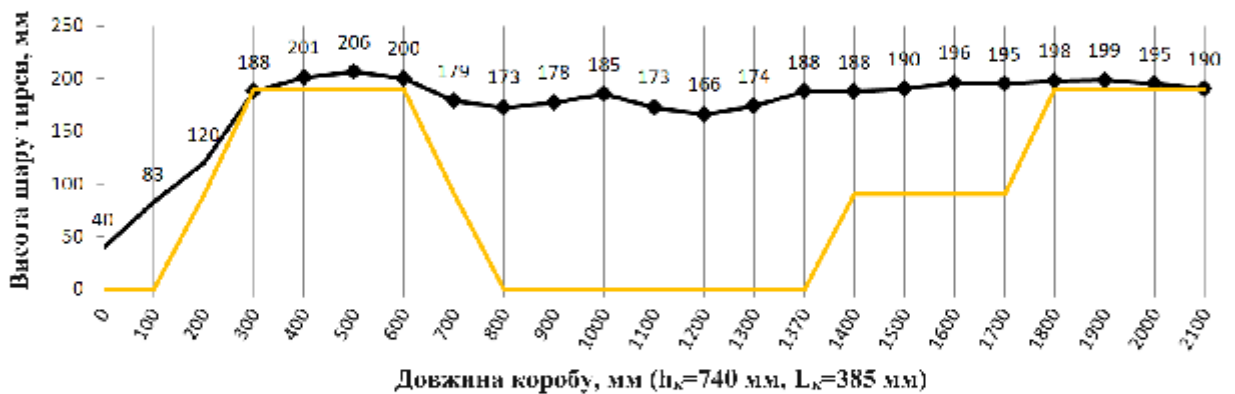
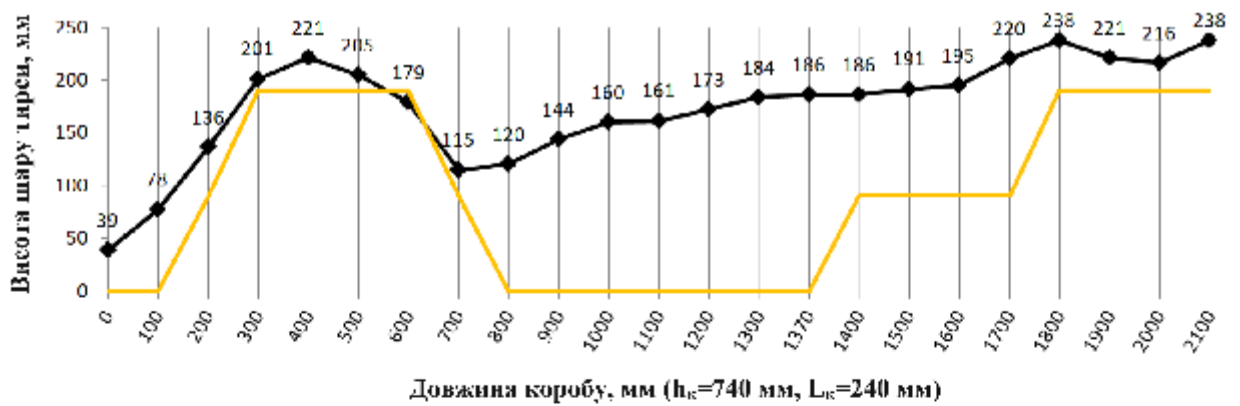


Рисунок 3.5 - Результати вимірів після роздачі в короб із виготовленою профільною поверхнею при  $h_k = 740$  мм

Нерівномірність шару на початку короба обумовлена специфікою проведення експерименту:

- на початку короба була відсутня поперечна стінка;
- запуск вивантажувального транспортера здійснювався у момент, коли копір досягав початку короба;
- шар тирси на транспортері з боку вивантаження мав скіс і знаходився на відстані від краю вивантажувального транспортера ( $= 50$  мм);

Аналіз даних на рис. 3.4 та 3.5 показує, що для мінімального вильоту характерно пізніше спрацювання автоматики, і, як наслідок, пересипання кормосуміші при досягненні насипу, і утворення "провалів" після її проходження. Максимальний виліт характеризується раннім спрацюванням копіра, у зв'язку з чим при досягненні насипу перед нею утворюється «провал», а при проходження відбувається пересипання.

У ході проведених дослідів для досліджуваних значень параметра  $h_k$  експериментально було підібрано оптимальний виліт копіра  $L_k = 385$  мм, який може змінюватись у незначних межах. При висоті підвісу осі обертання копіра  $h_k = 740$  мм і оптимальному вильоті копіра  $L_k = 385$  мм були досягнуті кращі результати за рівномірністю роздачі: значення висоти отриманого шару варіювалися в межах 166-206 мм (в середньому 188 мм) порівняно зі значеннями в межах 155-220 мм (в середньому 184 мм) при параметрах  $h_k = 545$  мм та  $L_k = 385$  мм.

У порівнянні з еталонним роздаванням в порожній короб при частоті  $\nu = 50$  Г<sub>ц</sub> (рис. 3.1) відхилення від нижнього та верхнього порогу склало відповідно -11,7% та -1,4%, у середньому відхилення склало -5%. При цьому вибір змінного резистора з відповідною залежністю опору від кута повороту та/або

можливості програмних налаштувань частотного перетворювача дозволяють досягти більш точних результатів.

На заключному етапі з метою підвищення рівномірності роздачі проводилися випробування лабораторної установки за значеннями параметрів  $h_k = 740$  мм і  $L_k = 385$  мм із пристроєм для розрівнювання отриманих профільних поверхонь у вигляді вертикальної пластини (рис. 3.6)



Рисунок 3.6 - Розрівнюючий пристрій

Роздача здійснювалася в короб з виготовленим профілем з тирси при значеннях параметра 7-01 рівних 95 та 94. У першому випадку вивантажний транспортер зупинявся під час підйому валика копіра на висоту  $195 \pm 10$  мм, у другому випадку - на висоту  $225 \pm 10$  мм.

Після роздачі та проведення відповідних вимірів здійснювалося розрівнювання отриманої профільної поверхні. При цьому нижня частина розрівнюючого пристрою знаходилася на висоті 200 мм від дна короба.

Результати вимірів для розглянутих випадків представлені нижче Рис. 3.7 та 3.8 відповідно.

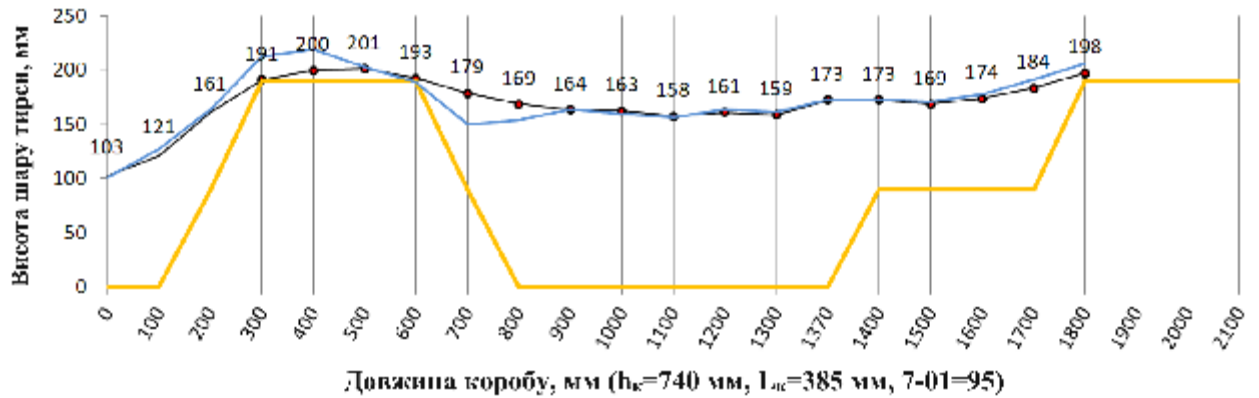


Рисунок 3.7 - Результати вимірювання після роздачі з розрівнюванням (значення параметра 7-01 дорівнює 95)

З рис. 3.7 видно, що при значенні параметра 7-01 дорівнює 95 висота отриманої профільної поверхні після роздачі варіюється в межах 150-219 мм (в середньому 176 мм), після розрівнювання - в межах 158-201 мм (у середньому 177 мм). У порівнянні з еталонним роздаванням в порожній короб при частоті  $\nu = 50$  Гц (рис. 3.1) після розрівнювання відхилення від нижнього та верхнього порогу склало відповідно -16% та -3,8%, у середньому відхилення склало -10,6%.

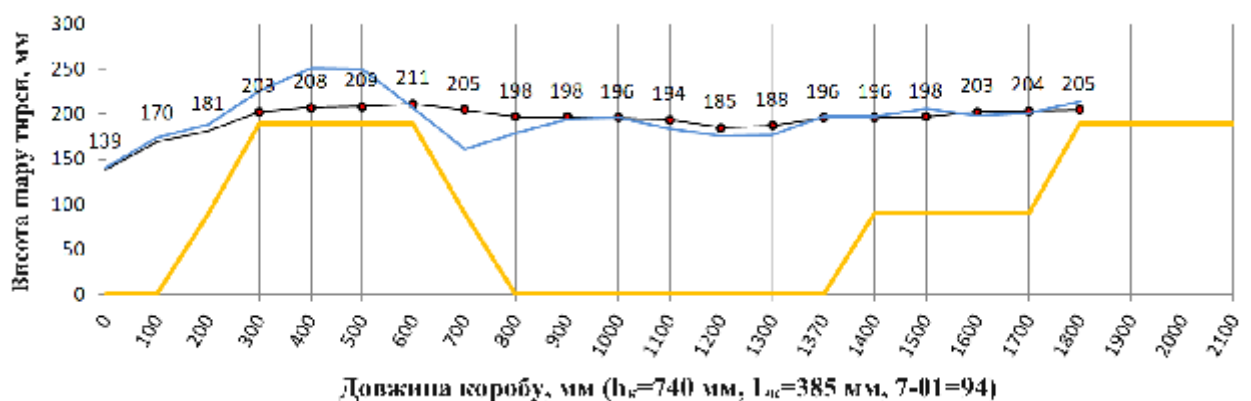


Рисунок 3.8 - Результати вимірювання після роздачі з розрівнюванням (значення параметра 7-01 дорівнює 94)

З рис. 3.8 видно, що при значенні параметра 7-01 дорівнює 94 висота отриманої профільної поверхні після роздачі варіюється в межах 134-251 мм (в середньому 201 мм), після розрівнювання - в межах 185-211 (в середньому 200 мм). У порівнянні з еталонною роздачою в порожній короб при частоті  $\nu = 50$  Гц (рис. 3.1) після розрівнювання відхилення від нижнього і верхнього порогу склало відповідно -1,6% та +1%, у середньому відхилення склало +1%. Дані показники свідчать про ефективність запропонованої системи автоматичної зміни норми видачі кормового візка. Нижче на рис. 3.9 представлені фотографії результатів роздачі для цього досвіду.

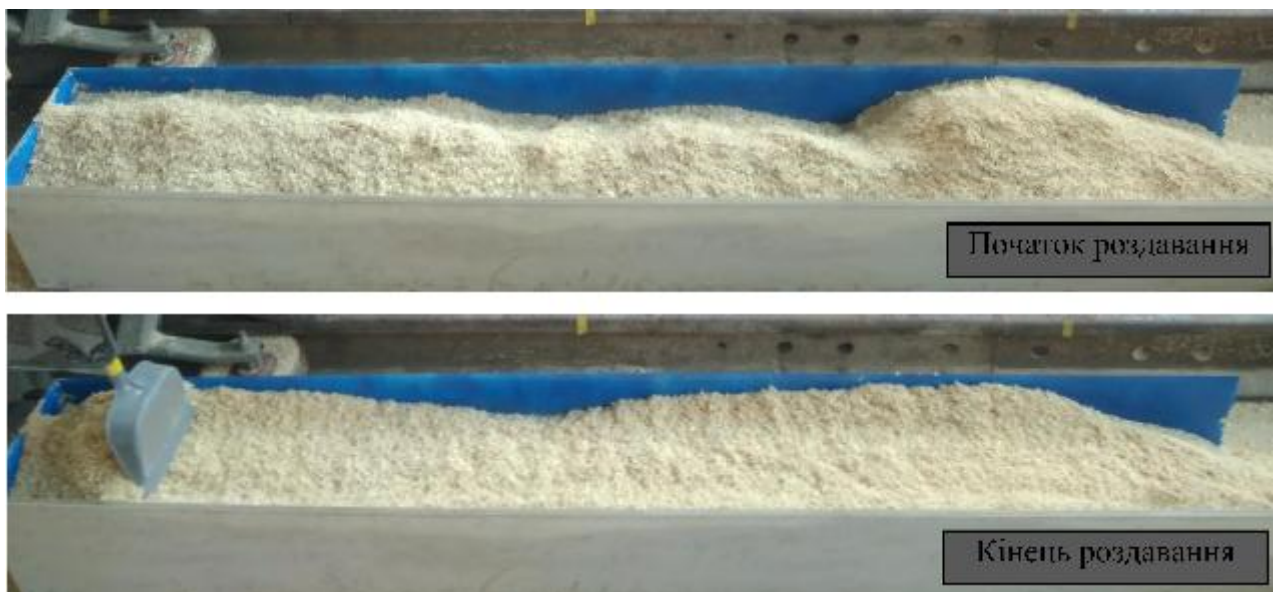


Рисунок 3.9 - Отримана профільна поверхня (значення параметра 7-01 дорівнює 94): до вирівнювання (вгорі) та після вирівнювання (внизу)

Аналіз отриманих результатів показує, що запропонована система автоматичної зміни норми видачі кормосуміші кормовим візком забезпечує її регулювання залежно від кількості залишків кормосуміші на кормовому столі при виборі оптимальних значень вильоту осі обертання копіра щодо вивантажувального транспортера та висоти підвісу осі обертання копіра. Запропонована лабораторна установка представляє собою спрощену схему кормового візка. На практиці змінювати норму видачі кормосуміші необхідно за рахунок зміни швидкості руху поздовжнього транспортера, що подає кормосуміш на



поперечний (вивантажувальний) транспортер. Заміна в лабораторній установці управління поздовжнім на управління поперечним транспортером важливо схему роботи системи не змінює, так як у кормовому візку поперечний транспортер видає норму, встановлену на поздовжньому транспортері. Збільшується лише час реагування на сигнал копіра, що управляє.

Дослідження показали, що можна піти від початкового призначення бункерів-накопичувачів і використовувати їх для зберігання і подальшого завантаження в кормовий візок вже готових раціонів. При такому варіанті відпадає необхідність у придбанні стаціонарного змішувача і бункерів-накопичувачів для кожного компонента, що дозволяє істотно скоротити капіталовкладення при впровадженні кормових візків. У цьому випадку схема годівлі має вигляд: приготування раціону мобільним кормоцехом - завантаження бункера-накопичувача - автоматичне завантаження кормового візка - автоматична годівля тварин. У цьому випадку необхідно правильно вибрати тип і габарити бункера-накопичувача (одного або декількох), та його (їх) розташування. Обсяг бункера-накопичувача залежить від графіка його заповнення свіжим раціоном. Цей показник визначається поголів'ям тварин і зоотехнічними вимогами до якості кормів. Тривале зберігання (особливо в літній період) може негативно позначитися на якості кормосуміші або призвести до її псування, що необхідно враховувати при плануванні робіт.

### **3.3 Висновки**

Таким чином, використання кормових візків є перспективним напрямком автоматизації приготування та роздачі кормосумішей на молочних фермах. Важливою перевагою є можливість встановлення практично будь-якого режиму годівлі тварин. Найбільшою мірою автоматизація годівлі забезпечується при розміщенні в корівнику однієї технологічної групи тварин, які споживають приблизно рівне кількість кормосуміші. Спираючись на застосування

запропонованого обладнання та планування робіт за аналогією з наведеною вище схемою годівлі дозволяє домогтися ряду переваг:

- з'являється можливість використання одного бункера-накопичувача для завантаження в кормовий візок кількох раціонів годівлі, в результаті чого суттєво знижуються витрати на придбання та обслуговування технологічного обладнання, що входить до складу системи годівлі;

- оператори кормового візка та мобільного кормоцеху працюють незалежно один від одного відповідно до індивідуального завдання. Робочий день оператора мобільного кормоцеху значно скорочується, вивільняються трудові ресурси, що важливо на тлі очікуваного підвищення кадрових ризиків у секторі АПК у зв'язку із прогнозованим зниженням чисельності сільського населення до 2020 року на 4,5 %, а до 2040 - на 10,2 %.

- В результаті проведених досліджень ми можемо рекомендувати наступні значення досліджуваних факторів, при яких відхилення рівномірності роздавання кормосумішей найбільш наближене до еталонного показника: значенні параметра 7-01 дорівнює 9, висота отриманої профільної поверхні після роздачі варіюється в межах 161-251 мм, після розрівнювання - в межах 185-211 частота електродвигуна  $\nu = 50$  Гц. Відхилення від нижнього і верхнього порогу за даними параметрами склало відповідно -1,6% та +1%, у середньому відхилення склало +1%.

## **4 Охорона праці та правила безпеки при роботах з машинами та механізмами**

### **4.1 Загальні положення та поняття**

Законодавство України про охорону праці складається із Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Базується законодавство України про охорону праці на Конституції України, яка встановлює право людини на належні, безпечні і здорові умови праці згідно статті 43.

Іншим важливим чинником в галузі охорони праці є Кодекс законів про працю, що регулює трудові відносини всіх працівників, встановлює високий рівень умов праці, всебічну охорону трудових прав працівників згідно стаття 28. Норми щодо охорони праці містяться в багатьох статтях інших глав КЗпП України: «Трудовий договір», «Робочий час», «Професійні спілки», «Нагляд і контроль за додержанням законодавства про працю», «Основи законодавства України про охорону здоров'я». Вони передбачають встановлення єдиних санітарно-гігієнічних вимог до організації виробничих та інших процесів,

пов'язаних з діяльністю людей, а також до якості машин, устаткування, будинків та об'єктів, що можуть шкідливо впливати на здоров'я людей.

Наказом Мінпраці від 22.10.2001 р. № 432 затверджено, що управління охороною праці - це підготовка, прийняття та реалізація правових, організаційних, науково-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Об'єкт підвищеної небезпеки - це об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

В дипломній роботі розглядається роздавання кормів з удосконаленим кормовим візком та мобільними кормоцехами, що не являються об'єктами підвищеної небезпеки, але можуть нанести травми, що загрожують здоров'ю та життю людини.

#### **4.2 Аналіз безпеки праці при використанні машин та обладнання на виробництві**

При надходженні машин та обладнання із заводів-виробників або інших постачальників необхідно перевірити наявність та справність усіх захисних щитів та пристроїв. У разі їх відсутності або при необхідності виготовлення та встановлення додаткових захисних огорож адміністрація господарства зобов'язана вжити відповідних заходів.

Безпека виробничого обладнання забезпечується:

- Вибором безпечних принципів дії, конструктивних схем, елементів конструкції - менше гострих кутів, виступаючих частин, рухомі частини не

повинні бути галасливими, вібруючими, а якщо такі є, то передбачити захист від цих факторів;

- Використання засобів механізації, автоматизації та дистанційного управління - це знижує травматизм, видалити працівника з небезпечної зони;
- Застосування у конструкції засобів захисту - огорожі, запобіжні та гальмівні засоби захисту, засоби автоматичного контролю та сигналізації, знаки безпеки;
- Включення вимог безпеки до технічної документації з монтажу, експлуатації та ремонту, транспортування та зберігання обладнання - щоб працівник користувався технікою без травм та не пошкоджував обладнання;
- Застосуванням у конструкції відповідних матеріалів - вони не повинні бути токсичними, швидко зношуваними, добре витримувати навантаження та вплив навколишнього середовища.

Нормальна та безпечна робота мобільних кормороздавачів може бути забезпечена наявністю гарних під'їзних шляхів та достатньою шириною кормового проходу. Відстань між годівницями має бути не менше 2 м, а від опорних колон до середини проїзду - не менше 1,3 м. Забороняється робити повороти трактора щодо поздовжньої осі роздавача на кут більше 45. У процесі експлуатації техніку регулярно очищають від залишків кормів і за необхідності знезаражують. Особливо це актуально для напіврідких інгредієнтів, що швидко псуються. Роздавачі сухих кормів дезінфекції практично не потребують.

У процесі роботи з кормовим візком та кормоцехами на працівників можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі частини механізмів, бітерний пристрій при використанні поздовжнього транспортера; вивантажувальні шнеки.
- оскільки кормовий візок знаходиться у підвішеному стані - його падіння;
- обвали або падіння корму та предметів, під час завантаження кормоцеху.

- порізи під час заміни ріжучих органів шнека;

Щоб уникнути усіх вище розглянутих небезпечних факторів було впроваджено:

- працювати лише в спеціальному одязі і засобах індивідуального захисту рук та обличчя;

- встановлення додаткових загороджень в напрямку руху кормового візка;

- подовжити направляючий кожух вивантажувального шнека;

- використання додаткових світлодіодних джерел світла на робочих місцях.

Також для комфортних умов праці нами запропоновано розрахунок примусової системи повітрообміну.

При визначенні потужності вентиляторів з механічним спонуканням тяги повітря виходять із розрахункового повітрообміну та продуктивності вентилятора. У разі експлуатації механічної вентиляції її продуктивність можна визначити шляхом виміру рухливості повітря в повітроводі за допомогою анемометра. Продуктивність одного вентилятора розраховують за такою формулою:

$$L=S \cdot V \cdot 360 \quad (4.1)$$

де:

L-продуктивність вентилятора, м<sup>3</sup>/год;

S - площа перерізу повітроводу, м<sup>2</sup>;

V-швидкість руху повітря в повітроводі, м / с; 3600-число секунд в 1 год.

Площа повітропроводу - 0,8 м<sup>2</sup>, швидкість руху повітря у повітропроводі - 2,2 м/с.

Потрібно визначити: продуктивність одного вентилятора та кількість вентиляторів для забезпечення потрібного повітрообміну:

$$L=0,8 \cdot 2,2 \cdot 3600=6336 \text{ м}^3/\text{год}$$

Якщо обсяг вентиляції дорівнює 30000 м<sup>3</sup>/год, то для подачі в будівлю свіжого повітря потрібно 5 вентиляторів:

$$30000/6336=5$$

зазначеної вище продуктивності.

У зонах з м'яким кліматом для надходження свіжого повітря в приміщення влаштовують підвіконні щілини шириною 3 см або використовують фрамуги вікон, що відкриваються. В умовах північних та центральних районів підвіконні щілини для припливу робити не рекомендується, більш раціонально застосовувати канали припливу.

#### **4.3 Організаційні та технічні заходи по забезпеченню працівників від наявних шкідливих та виробничих чинників**

У місцях установки машин, механізмів і обладнання повинні бути вивішені правила безпеки праці (інструкції з охорони праці), особистої гігієни і надання першої до лікарняної допомоги потерпілим.

При організації і виконанні технологічних процесів при роботі кормових візків необхідно передбачати:

- комплексну автоматизацію і механізацію при наявності небезпечних та шкідливих виробничих факторів;
- систему контролю й управління технологічним процесом, яка забезпечує захист працівників і аварійне відключення виробничого обладнання;
- своєчасне видалення і знешкодження відходів виробництва, які є джерелом небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Рухомі частини обладнання і ті що обертаються, якщо вони являються джерелом небезпеки, повинні бути огорожені, або встановлені інші засоби захисту, якщо вони не можуть бути огорожені внаслідок їх функціонального призначення.

Елементи конструкцій не повинні мати гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, які можуть викликати небезпеку при експлуатації обладнання. Якщо обслуговування обладнання пов'язане з переміщенням обслуговуючого персоналу, то необхідно мати безпечні й зручні по конструкції і розмірах проходи і пристосування для проведення робіт.

#### **4.4. Правила безпечного виконання робіт під час приготування-роздавання кормів**

До роботи в кормоцеху допускаються працівники, які не мають медичних протипоказань, пройшли виробниче навчання, вступний та первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці та мають першу кваліфікаційну групу з електробезпеки.

До самостійного виконання робіт після перевірки знань з питань охорони праці допускаються працівники, які пройшли стажування протягом двох-п'яти змін під керівництвом керівника робіт або досвідченого робітника та оволоділи навичками безпечного виконання технологічних операцій.

Перед пуском у роботу обладнання кормоцеху необхідно переконатися, що на ньому не проводяться будь-які роботи, і подати встановлений сигнал. Пустити машини на неодруженому ході. Подавати корм на машину треба рівномірно. Слідкувати, щоб у машину разом із кормом не потрапили сторонні предмети. Проштовхувати корм під пресуючий барабан або в горловину приймального бункера працюючої машини слід тільки за допомогою проштовхувача з ручкою довжиною не менше 1 м. Під час роботи кормоподрібнювача не можна стояти проти спрямування викиду маси, оскільки до неї може потрапити твердий предмет та завдати працівникові травми. При забиванні дробильних камер, труб або циклонів кормами необхідно зупинити машину, відключити електроенергію, вивісити на пускачі табличку «Не вмикати! Працюють люди» і прочистити.



При дистанційному управлінні механізмами, робочими органами, окремими машинами технологічних ліній (транспортерами, засувками), віддаленими від працівника або розташованими в іншому приміщенні та обслуговуваними двома і більше працівниками, повинна діяти система автоматичної передпускової та після пускової сигналізації (звукової, світлової) тривалістю 5-15 секунд.

Сигнальні кольори і знаки безпеки призначені для привертання уваги працюючих до безпосередньої небезпеки, застереження про можливу небезпеку, приписування і дозволу певних дій з метою забезпечення безпеки, а також для необхідної інформації.

Сигнальні кольори і знаки безпеки регламентуються ДЕСТом 12.4.026-2001. Відповідно до цього нормативного документу у нас, як і в багатьох інших країнах, прийняті наступні основні сигнальні кольори: червоний - «небезпека», жовтий - «увага», зелений - «безпечно».

Відповідальний за випуск на лінію транспортних засобів зобов'язаний:

- перевірити технічний стан транспортних засобів;
- перевірити надійність укладання вантажу та відповідність величини завантаження потужності транспортного засобу та вантажопідйомності причепа;
- проінструктувати водія транспортного засобу про порядок руху та особливості маршруту, пов'язані з дорожніми та погодними умовами.

Під час роботи на кормороздавачах забороняється:

- перевантажувати кормороздавачі кормами понад встановлену норму;
- перебувати в кузові кормороздавача при включеному двигуні трактора;
- працювати зі знятими захисними огорожами;
- перебувати поблизу робочих органів під час роботи кормороздавача;
- стояти під відкритим заднім бортом і класти на транспортери будь-які предмети;

## 4.5 Порядок дій у надзвичайних ситуаціях

У даному розділі розглянуто ситуації техногенного характеру, як найбільш можливого на території організації, а також ситуації, виникнення яких може створити загрозу життю та здоров'ю працівників.

Вибух - це горіння, що супроводжується визволенням великого кількості енергії в обмеженому обсязі за короткий проміжок часу. Вибух призводить до утворення та поширення ударної хвилі з надлишковим тиском, що надає механічний вплив на навколишні предмети.

До вибухонебезпечних об'єктів на території ферми відносяться: склад зберігання палива, котельні, трансформатори. Також небезпека вибуху може виникнути під час заправки техніки. На нашому об'єкті найбільшу загрозу виникнення вибуху несе котельня, що знаходиться поруч з корівниками.

Котельні установки призначені для отримання пари, що забезпечує роботу насосних установок та нагрівання води, використовується як теплоносієм для обігріву виробничих і житлових приміщень. Котельні повинні експлуатуватися відповідно до «Правил пристрою та безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів».

Основні вражаючі фактори вибуху: повітряна ударна хвиля та осколкові поля, що утворюються уламками зруйнованих об'єктів, що летять, технологічного обладнання, вибухових пристроїв.

- при загрозі вибуху слід лягти на живіт, захищаючи голову руками, подалі від вікон, закслених дверей, проходів, сходів;
- якщо стався вибух, вжити заходів щодо недопущення пожежі та паніки;
- повідомити про аварію керівника чи відповідальну посадову особу;
- кожен працівник при виявленні вогнища загоряння чи ознак горіння повинен: негайно викликати аварійно-рятувальну службу за телефоном

«101». При цьому назвати найменування об'єкта, місце вибуху, пожежі, а також своє прізвище;

- вжити заходів щодо евакуації людей та гасіння пожежі;
- надати першу допомогу постраждалим.

До потерпілого негайно викликати швидку допомогу по телефону «03». До її прибуття потрібно винести потерпілого на свіже повітря, звільнивши від одягу, що стискує, зробити штучне дихання і розтирання тіла, дати чисту воду; при опіках тіла -прикласти холодну вологу тканину; при переломах - накладання шин за для забезпечення нерухомості зламаних частин тіла.

#### **4.6 Висновки**

Проаналізувавши всі загальні норми та правила охорони праці, та правила під час роботи з кормовими візками нами було введено низку удосконалень, що до запобігання впливу негативних факторів на всіх робітників відпо-відальних за дану технологічну лінію. Також було приведено необхідні положення під час інструктажу працівників та правила порядку виконання робіт.

## **5 Техніко-економічна оцінка ефективності запропонованої технологічної лінії з використанням кормових візків**

Оцінка економічної ефективності запропонованої технологічної лінії з використанням кормових візків (технологія 2) щодо технології на базі використання мобільних кормоцехів (технологія 1) проводилася за прямими експлуатаційними витратами.

Спочатку необхідно визначити обсяг капіталовкладень. При розрахунках за основу приймемо такі умови: у двох однакових корівниках містяться у рівній пропорції 680 тварин, які споживають однаковий раціон у кількості 41 кг/добу та мають середню молочну продуктивність 25 кг/добу. При технології 1 кратність годівлі приймемо рівної 2, за технології 2 - рівної 6. Необхідне обладнання для реалізації кожної з технологій представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Витрати на технологічне обладнання

Вид обладнання	Вартість покупки, тис.грн, шт	
	Технологія 1	Технологія 2
Трактор Білорус 82.1	488*1	488*1
Мобільний кормоцех ІСРК-12Ф	877*1	877*1
Кормовий візок V=1,5 м <sup>3</sup>	-	238*2

Бункер-накопичувач V=15 м <sup>3</sup>	-	267*4
Транспортер	-	25*4
Загальні витрати:	1365	3009

Додаткові витрати, що припадають на будівництво корівників та придбання обладнання з метою реалізації пропонованої технології 2, складуть:

$$\Delta C_{\text{вклад}} = (S_2 - S_1) - E_{\text{буд}}, \text{ грн.}, \quad (5.1)$$

Де:

$S_1, S_2$  - загальна вартість придбання технологічного обладнання для реалізації відповідно технології 1 та 2, грн.;

$E_{\text{стор}}$  - ефект від зниження витрат на будівництво корівників за рахунок зменшення ширини кормового проходу, грн.

Згідно з даними літературних джерел при використанні кормових візків ширина кормового проходу може змінюватися, як правило, межах від 2 до 3 м [46,106,110] тоді як при використанні мобільних кормоцехів - від 5 до 6 м [106]. Економічний ефект при цьому визначається за формулою:

$$E_{\text{буд}} = n_{\text{кор}} \cdot n_{\text{прох}} \cdot a \cdot (b_1 - b_2) \cdot c_{\text{буд}}, \text{ грн.}, \quad (5.2)$$

$$E_{\text{буд}} = 2 \cdot 1 \cdot 111,9 \cdot (5 - 2,5) \cdot 2332 = 1304754 \text{ грн.},$$

Де:

$n_{\text{кор}}$  - кількість корівників, прим;

$n_{\text{прох}}$  - кількість кормових проходів, прим;

$a$  - Довжина корівника, м;

$b_1, b_2$  - ширина кормового проходу відповідно при застосуванні технології 1 та технології 2, м;

$c_{\text{стор}}$  - питома вартість будівництва корівника, грн. / м<sup>2</sup>.

При оцінці вартості будівництва корівника виникають відмінності: для реалізації технології 1 потрібно встановлення воріт, бетонування проїзду, облаштування прилеглої до корівника території для розвороту; для реалізації технології 2 - будівництво підвісного шляху. У зв'язку з відсутністю у вільному доступі необхідної інформації про кошторисну вартість відповідних проектних робіт приймаємо для розрахунків питому вартість будівництва корівників однаковою для обох аналізованих технологій годівлі.

Підставляючи формулу (5.1) значення, отримані з табл. 5.1 та формули (5.2), отримуємо:

$$\Delta C_{\text{вклад}} = (3009000 - 1365000) - 1304754 = 339246 \text{ грн}$$

Термін окупності запропонованої технології визначається за такою формулою:

$$T = \frac{\Delta C_{\text{вклад}}}{E} \quad \text{рік}, \quad (5.3)$$

де  $E$  – загальний економічний ефект від застосування запропонованої технології годівлі, грн./рік.

Цей ефект визначається за такою формулою:

$$E = E_{\text{експл.}} + E_{\text{корм.}} + E_{\text{мол.}}, \text{ грн/рік}, \quad (5.4)$$

Де:

$E_{\text{експл.}}$  - Ефект від зниження експлуатаційних витрат, грн. / рік;

$E_{\text{корм.}}$  - Ефект від зниження витрат кормів, грн. / рік;

$E_{\text{мол.}}$  - Ефект від підвищення молочної продуктивності корів, грн. / рік.

Економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат при застосування технології годівлі на базі кормових візків визначатиметься за формулою [49,101]:

$$E_{\text{експл.}} = C_1 - C_2, \text{ грн/рік} \quad (5.5)$$

де  $C_1$  та  $C_2$  – річні експлуатаційні витрати відповідно при застосуванні технології 1 та технології 2, грн./рік.

Річні експлуатаційні витрати визначаються за такою формулою:

$$C = C_{\text{аз}} + C_{\text{ат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{пмм}}, \text{ грн/рік}, \quad (5.6)$$

де

$C_{\text{аз}}$  - амортизаційні відрахування на реновацію та ремонт будівель та споруд;

$C_{\text{ат}}$  - амортизаційні відрахування на реновацію технічних засобів;

$C_{\text{зп}}$  - оплата праці з відрахуваннями на соціальні потреби;

$C_{\text{пмм}}$  - витрати на ПММ та електроенергію;

Складові експлуатаційних витрат визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} C_{\text{аз}} &= \frac{B_3 \cdot a_3}{100}, \quad C_{\text{ат}} = \frac{B_T \cdot a_T}{100}, \quad C_{\text{зп.1}} = (2 \cdot c_{\text{ск}} + c_{\text{мк}}) \cdot 12, \\ C_{\text{зп.2}} &= c_{\text{мк}} \cdot 12, \quad C_{\text{пмм.1}} = q_{\text{ч}} \cdot N_{\text{тр}} \cdot T_{\text{к.мк.1}} \cdot \text{Ц}_T \cdot 365, \\ C_{\text{пмм.2}} &= q_{\text{ч}} \cdot N_{\text{тр}} \cdot T_{\text{к.мк.2}} \cdot \text{Ц}_T \cdot 365 + C_{\text{ел.2}}, \end{aligned} \quad (5.7)$$

Де:

$B_3$  - балансова вартість будівель, споруд, грн.;

$a_3$  - норматив щорічних відрахувань від балансової вартості на реновацію та ремонт будівель та споруд, %;

$B_T$  - балансова вартість технічних засобів, грн.;

$a_T$  - норматив щорічних відрахувань від балансової вартості технічних засобів на поточний ремонт та проведення ТО, %;

$c_{ск}$  - щомісячна вартість оплати праці скотаря, грн./міс;

$c_{мк}$  - щомісячна вартість оплати праці оператора мобільного кормоцеху, грн./міс;

$q_{год}$  - питома витрата палива трактором Білорусь 82.1, кг/кВт · год;

$N_{тр}$  - потужність трактора, кВт;

$T_{к.мк}$  - тривалість роботи мобільного кормоцеху, год/доб;

$Ц_T$  - вартість палива, грн./кг;

$C_{ел.2}$  - Витрати електроенергію, що витрачається до роботи устаткування за технології 2, грн./год.

Загальний час роботи мобільного кормоцеху при технології 1 та технології 2 визначимо за середнім значенням тривалості одного робочого циклу мобільного кормоцеху обсягом  $12 \text{ м}^3$  наступним чином:

При 1-й технології за одну годівлю тваринам видається  $41 \text{ кг/добу} \cdot 680 \text{ гол/2 годівлю} = 13\,940 \text{ кг/добу}$ .

Для цього мобільному кормоцеху об'ємом  $12 \text{ м}^3$  при щільності кормосуміші  $245 \text{ кг/м}^3$  потрібно здійснити  $13\,940 / (12 \cdot 245) = 4,74 = 5$  циклів приготування та роздачі кормосуміші. Тоді для 2-кратної годівлі всього поголів'я потрібно зробити  $5 \cdot 2 = 10$  циклів.

Загальний час роботи мобільного кормоцеху при роздачі кормосуміші тваринам на добу складе  $T_{к.мк.1} = 10 \cdot 0,4 = 4 \text{ год}$ .

При 2 технології об'єм щодня, що готується мобільним кормоцехом та вивантажуваної в бункери-накопичувачі кормосуміші становить  $41 \text{ кг/добу} \cdot 680 \text{ гол} = 27\,880 \text{ кг/добу}$ .

Для цього мобільному кормоцеху необхідно здійснити  $27\,880 \text{ кг} / (12 \text{ м}^3 \cdot 245 \text{ кг/м}^3) = 9,48 = 10$  робочих циклів.



Загальний час роботи мобільного кормоцеху при завантаженні бункерів накопичувачів на добу становитиме  $T_{к.мк.2} = 10 \cdot 0,38 \text{ год} = 3,8 \text{ год}$ .

Визначимо значення параметра  $C_{ел.2}$ . У табл. 5.2 представлені значення потужностей електродвигунів приводу робочих органів кормового візка та бункера-накопичувача.

Таблиця 5.2 - Потужності приводних електродвигунів

Робочий орган	Питома потужність, кВт	
	Кормовий візок	Бункер-накопичувач
Бітерний механізм	3,0	7,5
Ходовий двигун	2x0,18	-
Поздовжній транспортер	0,25	1,5
Поперечний транспортер	0,55	-
Всього	4,16	9

Час роботи одного кормового візка об'ємом  $1,5 \text{ м}^3$  під час роздачі кормосуміші тваринам приймемо рівним 7,97 год при ймовірності знаходження кормового візка у стані роздачі кормосуміші, що дорівнює 0,31. Таким чином, кормовий візок перебуває в стані роздачі кормосуміші  $7,97 \cdot 0,31 = 2,47 \text{ год}$  (при цьому задіяні всі робочі органи сумарної потужністю 4,16 кВт). Час роботи бункера-накопичувача об'ємом  $15 \text{ м}^3$ , відповідно, простою кормового візка при його завантаженні визначається як відношення маси, що видається на добу кормосуміші в одному корівнику, на продуктивність бункера-накопичувача, тобто рівним  $13\,940 \text{ кг} / 145\,000 \text{ кг/год} = 0,01 \text{ год}$  (задіяні робочі органи сумарною потужністю 9 кВт). Решта  $7,97 - (2,47 + 0,01) = 5,49 \text{ год}$  кормовий візок перебуває у стані переїздів (задіяні лише ходові двигуни сумарною потужністю 0,36 кВт).

Тоді витрати на електроенергію, яка щодня витрачається кормовими візками та бункерами-накопичувачами, визначаються за формулою:

$$C_{ел.2} = n_{кор} \cdot (T_p \cdot N_p + T_3 \cdot N_3 + T_n \cdot N_n) \cdot 365 \cdot C_{ел}, \text{ грн./рік}, \quad (5.8)$$

$$C_{\text{ел.2}}=2 \cdot (2,47 \cdot 4,16 + 0,01 \cdot 9 + 5,49 \cdot 0,36) \cdot 365 \cdot 1,68 = 15135 \text{ грн./рік},$$

Де:

$C_{\text{ел}}$  - вартість електроенергії, грн. / кВт · год;

$n_{\text{кор}}$  - кількість корівників, шт;

$T_p, T_z, T_n$  - тривалість знаходження кормового вагона станах відповідно до роздачі, завантаження та переїздів, год;

$N_p, N_z, N_n$  - сумарна потужність, споживана робочими органами станах відповідно до роздачі, завантаження та переїздів, кВт;

Ефект від нормованого розподілу кормосумішей вздовж кормового столу в автоматичному режимі з поєднанням операції підрівнювання кормів розглядався за методикою з метою оцінки ефективності використання роботів-вирівнювачів кормів на молочних фермах .

У зв'язку з постійною наявністю кормосумішей та високою кратністю годівлі підвищується рівень активності тварин і відповідно рівень споживання кормосумішей у середньому 3,5 %. Це веде до зростання продуктивності на 0,5%. Крім того, позитивний вплив на здоров'я тварин і на їх продуктивність, знижує рівень виробничого шуму та відсутність викидів вихлопних газів, а також протягів у зимовий період. При цьому ефект від зростання продуктивності визначатиметься за такою формулою:

$$E_{\text{мол}} = q_{\text{мол}} \cdot n_{\text{лак}} \cdot N_{\text{гол}} \cdot \Delta q_{\text{мол}} \cdot S_{\text{мол}}, \text{ грн./рік}, \quad (5.9)$$

$$E_{\text{мол}} = 25 \cdot 300 \cdot 680 \cdot 0,005 \cdot 8 = 204000 \text{ грн./рік},$$

де

$q_{\text{мол}}$  - середньодобова молочна продуктивність, кг/(доб · гол);

$n_{\text{лак}}$  - середня тривалість періоду лактації, доб/год;

$N_{\text{гол}}$  - чисельність дійного стада, гол;

$\Delta q_{\text{мол.}}$  - підвищення молочної продуктивності у частках;

$S_{\text{мол.}}$  - закупівельна вартість молока, грн. / кг.

За даними, загалом втрати кормосумішей становлять 6...12 %. Однак при регулярному підрівнюванні кормів дані втрати знижуються у середньому на 75%. Додатковий ефект досягається завдяки відсутності перевитрати кормосуміші за рахунок використання у конструкції кормового вагона запропонованої системи автоматичної зміни норми видачі. Економічний ефект за рахунок зниження втрат кормосумішей визначається за такою формулою:

$$E_{\text{корм.}} = n_{\text{корм.}} \cdot N_{\text{гол.}} \cdot m_{\text{с.}} \cdot \Delta l_{\text{корм.}} \cdot c_{\text{корм.}}, \text{ грн./рік}, \quad (5.10)$$

$$E_{\text{корм.}} = 365 \cdot 680 \cdot 0,41 \cdot 0,01 \cdot 78 = 79374 \text{ грн./рік}$$

де

$n_{\text{корм.}}$  - період годівлі, доб/год;

$N_{\text{гол.}}$  - поголів'я тварин, гол;

$m_{\text{с.}}$  - добове споживання кормосуміші тваринами, ц / (гол · доб);

$\Delta l_{\text{корм.}}$  - частка зниження втрат кормосумішей;

$c_{\text{корм.}}$  - питома вартість кормосуміші, грн./ц.

Підставляючи у формулу (5.4) значення, обчислені за формулами (5.5), (5.9), (5.10), отримаємо:

$$E = 12032 + 79374 + 204000 = 295406 \text{ грн./рік.}$$

Підставляючи у формулу (5.3) значення, обчислені за формулами (5.1) та (5.4), визначимо термін окупності розробки:

$$T = \frac{339246}{295406} = 1,15 \text{ року.}$$

## **Висновки**

Таким чином, отримані дані свідчать про ефективність запропонованої технологічної лінії порівняно з технологією годівлі з урахуванням мобільних кормоцехів. Додатковими позитивними результатами є: покращення мікроклімату у тваринницьких приміщеннях та умов утримання тварин; вивільнення трудових ресурсів; підвищення рівня автоматизації та, відповідно, точності та якості виконуваних процесів, а також гнучкості у плануванні робіт.

При загальному економічному ефекті 295406 (43442 грн. / рік у розрахунку на 100 голів) термін окупності розробки становитиме 1,15 року.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

У дипломній роботі вирішено актуальне науково-технічне завдання - обґрунтовано склад технологічної лінії приготування та роздачі кормосумішей на фермах великої рогатої худоби з використанням мобільних кормоцехів та кормових візків. На підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень було сформульовано такі загальні висновки:

- Проведений аналіз тенденцій у галузі механізації та автоматизації приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ показав, що застосування автоматичних систем годівлі дозволяє підвищити кратність годівлі тварин, що призводить до підвищення їхньої продуктивності. При цьому для приготування кормосумішей залишається доцільним використання мобільних кормоцехів.

- Розроблено математичну модель обґрунтування складу технологічної лінії приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ з використанням мобільних кормоцехів та кормових візків, що дозволяє вирішувати завдання щодо визначення часу годівлі тварин мобільними кормоцехами при будь-якій кількості компонентів у кормосуміші та кормовими вагонами при обслугову-

ванні технологічних груп тварин, що враховує імовірнісний характер складових балансу часу їх роботи.

- Технологічна лінія приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ повинна включати мобільний кормоцех, що забезпечує приготування кормосумішей, бункери-накопичувачі готових раціонів з ваговою системою та вивантажувальними конвеєрами, кормовий візок, що забезпечує роздачу кормосумішей технологічним групам тварин.

- Розроблено систему автоматичної зміни норми видачі кормосуміші кормовим вагоном в залежності від наявності її залишків на кормовий стіл. Вона повинна включати підгрібач, закріплений на розсувний штанзі розсувний поворотний копір, частотний перетворювач у системі управління приводом позовжнього транспортера та розрівнювач. Межа регулювання довжини копіра повинна становити від 750 до 1300 мм при максимальному відхиленні в межах від 30 до 45° від вертикального положення, а його виліт (відстань від поперечного транспортера) - 385 мм при висоті формується шару кормосуміші на кормовому столі 200 мм.

- Встановлено, що зі збільшенням поголів'я тварин від 200 до 1000 голів продуктивність мобільного кормоцеху підвищується на 13...16 %, у своїй її найбільше зростання досягається зі збільшенням поголів'я від 200 до 400 голів. Використання мобільних кормоцехів вантажопідйомністю понад 10 000 кг не дає відчутного технологічного чи економічного ефекту.

- Встановлено, що при збільшенні кратності годівлі від 2 до 10 разів на добу продуктивність більш містких кормових вагонів знижується помітніше: при обсязі 1,5 м<sup>3</sup> продуктивність знижується на 33%, за обсягом 4,5 м<sup>3</sup> – на 56%. До кожного корівника доцільно використовувати окремий кормовий вагон. Для обслуговування тварин у корівниках, що вміщують до 340 голів, достатньо кормового вагона об'ємом 1,5 м<sup>3</sup> за умов: кратність годівлі 4 рази на добу та більше; час одного годування всього поголів'я трохи більше 2 год; наявність єдиного кормового проходу завдовжки 100 м±10%.

- Економічний ефект від запровадження пропонованої технологічної лінії порівняно з технологічною лінією на базі мобільних кормоцехів у розрахунку на 100 голів становить 43442 грн./рік у цінах 2020 р., а термін окупності - 1,15 роки.

### **БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Населення України. Соціально-демографічні проблеми українського села. – К.: Ін-т демографії та соціальних досліджень НАН України 2007.-341с.
2. Барало О. В. Монтаж, обслуговування та ремонт електротехнічних установок в агропромисловому комплексі. Аграрна освіта. 2010. – 34-35с.
3. Коломієць, С. В. Теорія випадкових процесів: практикум – Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2011. – 12 с.
4. Бойко І. Г. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва : Видво Ч.П.Червяк, 2004. -129-131 с
5. Технічний прогрес у тваринництві та кормо виробництві: VII Всеукраїнська науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області – м. Київ, Україна. 2019. 56 с.

6. Ресурсозберігаючі технології виробництва продукції тваринництва: курс лекцій з вивчення дисципліни спеціальності 204 «ТВППТ» / Р. Л. Сусол. – Одеса: ОДАУ, 2019. – 84 с.
7. Брагинец Н.В. Научно-технологические основы использования машин по раздаче кормов на животноводческих фермах и комплексах / Научные труды УСХА. Комплексная механизация животноводческих ферм. - 1982. - Выпуск 239. - с.43-45.
8. І.Г. Бойко. Машини та обладнання для тваринництва. Міністерством освіти і науки України , 2006. – 57-59 с.
9. Вовк І.З. Обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів шнекового транспортера-подрібнювача // Збірник наукових праць Національного аграрного університету “Механізація сільськогосподарського виробництва”. Т. 7. – Київ: НАУ, 2000.- 142-144 с.
10. Сучасні тенденції та перспективи розвитку збалансованого природокористування в агропромисловому виробництві : зб. матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (26-27 березня 2015 року, м. Ніжин) / За наук. ред. В. С. Лукача [та ін.]. - Ніжин, 2015.- 165 с.
11. Механізація технологічних процесів у тваринництві // Навч. посібник / О.Г. Скляр, Н.І.Болтянська. – 2012. - 387 с..
12. Палій А.П. Інноваційні технології та технічні системи у молочному скотарстві / А.П. Палій, А.П. Палій, О.А. Науменко – Х.: ФОП – 2015. - 209 с.
13. ГОСТ 23728-88 - ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. - М.: Издательство стандартов. – 1988 - 25с
14. ОСТ 70.32.2 – 83. Испытания сельскохозяйственной техники.Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методы испытаний. – М.: 1984. – 94 с.
15. Механізація виробництва продукції тваринництва. – Ревенко І.І., Манько В.М., Роговий В.Д., Шабельник Б.І., Сиротюк В.М.,Дацишин О.В. /За ред. Ревенка І.І. – К.: Урожай, 1994. – 199 с.

16. Купреенко, А.И. Мобильные смесители-раздатчики кормов: перспективы использования, сравнительная оценка, производительность / А.И. Купреенко // LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken. - 2013. - 58 с.
17. Корми. Кормовиробництво. Ч. 1.: Корми рослинного походження: тематичний бібліографічний покажчик літератури (1960-2013 рр.) / укл.: Н. В. Анічкіна, С. М. Братішевська, В. І. Ткаченко, О. О. Пілярська; ред.: Т. В. Гончаренко.- Херсон: РВВ "Колос", 2013.- Ч. 1.- 91 с
18. Лотоцкий, А.Е. Машины и оборудование для обработки грубых кормов: обзорная информация / А.Е. Лотоцкий. - М.: АгроНИИТЭИИТО, 1990. - 52с.
19. ОСТ 70.32.2 - 83. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методы испытаний. - М.: 1984. - 94 с.
20. Кормановский Л.П., Тищенко М.А. Обоснование семейства унифицированных измельчителей - смесителей - раздатчиков кормов и подстилки // Техника в сельском хозяйстве. - 2000. - №6. - С.3-5.
21. СТО АИСТ 19.2-2008. Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. – Минск: Минсельхозпрод, 2010.- 48 с.
22. Офіційний сайт Cormall [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.cormall.dk/index.php/en/products>.
23. Офіційний сайт Dawoon Co., Ltd. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://dawoon.en.ec21.com/TMR-Robot-Feeder--10681189\\_10681259.html](https://dawoon.en.ec21.com/TMR-Robot-Feeder--10681189_10681259.html).
24. Офіційний сайт DeLaval [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.delaval.com/ru/our-solutions/feeding/>.
25. Офіційний сайт EDER GmbH [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.eder-feedstar.de/en/index.html>.
26. Офіційний сайт Euromilk [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://euromilk.pl/ru/produkty/avtomatizaciya-pitaniya/em-qube/>.



27. Офіційний сайт GEA Farm Technologies GmbH [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.gea.com/ru/productgroups/farmequipment/automaticfeeding/index.jsp>.
28. Офіційний сайт Hetwin [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.hetwin.at/en/aramis-ii-feed-robot.html>.
29. Офіційний сайт Jeantill [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://www.jeantil.com/Contenus-Jeantil/2-50-0-0-0-0-158-2-Jeantil\\_Automatic\\_Feeding.html](https://www.jeantil.com/Contenus-Jeantil/2-50-0-0-0-0-158-2-Jeantil_Automatic_Feeding.html).
30. Офіційний сайт KUHN System TKS [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.feedrobot.nl/feedrobot/home/>.
31. Офіційний сайт Lely [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.lely.com/ru/solutions/feeding/vector/>.
32. Офіційний сайт Pellon [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.pellon.fi/ru/%D0%9A%D0%A0%D0%A1/>.
33. Офіційний сайт Rovibec [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://rovibecagrisolutions.com/en/cat-produit/feeding-robots>.
34. Bisaglia C., Belle Z., Van den Berg G., Pompe J. Automatic vs. Conventional Feeding Systems in Robotic Milking Dairy Farms: a Survey in the Netherlands. Proc. International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng, Valencia. 2012. Pp. 100-104.
35. Automatic Feeding Systems for Cattle – Technology, Performance, Notes on Planning. First edition. DLG e.V. (eds.), DLG Expert Knowledge Series 398, Frankfurt am Main. 2014. P. 20.
36. Da Borso F., Chiumenti A., Sigura M., Pezzuolo A. Influence of Automatic Feeding Systems on Design and Management of Dairy Farms. Journal of Agricultural Engineering. 2017. N 1s(48). Pp. 48-52. DOI: 10.4081/jae.2017.642.

37. DeLaval Optimat Animation 2016 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=itKnWAY5FwA>.
38. Grothmann A., Nydegger F., Häußermann A., Hartung E. Automatic Feeding System (AFS) – Potential for Optimisation in Dairy Farming. Landtechnik. 2010. N 2(65). Pp. 129-131.
39. Maier S., Ostertag J. Haidn B. Forage Quality and Hygiene in Automatic Feeding Systems for Dairy Cows. Landtechnik. 2013. N 6(68). Pp. 406–410.
40. Oberschätzl-kopp R., Haidn B., Peis R., Reiter K., Bernhardt H. Effects of an Automatic Feeding System with Dynamic Feed Delivery Times on the Behaviour of Dairy Cows. Proc. of CIGR-AgEng Conference, Aarhus, Denmark. 2016. Pp. 1-8.
41. Tangorra F.M., & Calcante A. Energy Consumption and TechnicalEconomic Analysis of an Automatic Feeding System for Dairy Farms: Results from a Field Test. Journal of Agricultural Engineering. 2018. N 4(49). Pp. 228-232. DOI: 10.4081/jae.2018.869.
42. ВР України, Закон "Про об'єкти підвищеної небезпеки" від 18.01.2001 N 2245-III
43. Державний стандарт професійно-технічної освіти ДСПТО 6131.А.01.50-2016
44. Навчальний посібник з охорони праці / Дніпропетр. держ. агр. ун-т. - Дніпропетровськ, 2009 р
45. Затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві, Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542
46. Закон України «Про охорону праці»

**Додатки**



**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

# **Підвищення ефективності технологічного процесу приготування-роздавання кормів на фермі великої рогатой худоби**

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-3-20  
Лагутін Руслан Віталійович

**Керівник:** к.т.н., доцент  
Дудін Володимир Юрійович

Дніпро 2021

## МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Головною метою та ціллю дипломної роботи є підвищення ефективності функціонування технологічної лінії приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ шляхом обґрунтування її складу та вдосконалення конструкції кормового візка.**

**Відповідно до мети ми поставили такі завдання досліджень:**

- провести огляд технологій та засобів механізації та автоматизації процесу приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ; розробити обґрунтувати склад технологічної лінії приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ з використанням мобільних кормоцехів за будь-якої кількості компонентів готової суміші та кормових вагонів;
- розробити конструкцію та обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри системи автоматичної зміни норми видачі кормосуміші кормовим візком залежно від наявності її залишків на кормовий стіл;
- провести експериментальне дослідження функціонування мобільних кормоцехів та кормових візків на фермах ВРХ;

-дати техніко-економічну оцінку ефективності запропонованих рішень.

**Об'єкт дослідження** - робочий процес подрібнення зерна в молотковій дробарці і її конструктивні елементи камери подрібнення.

**Предмет дослідження** - закономірності впливу конструктивних параметрів і режимів роботи молоткової дробарки на ефективність процесу подрібнення зерна.

# ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЇХ АНАЛІЗ

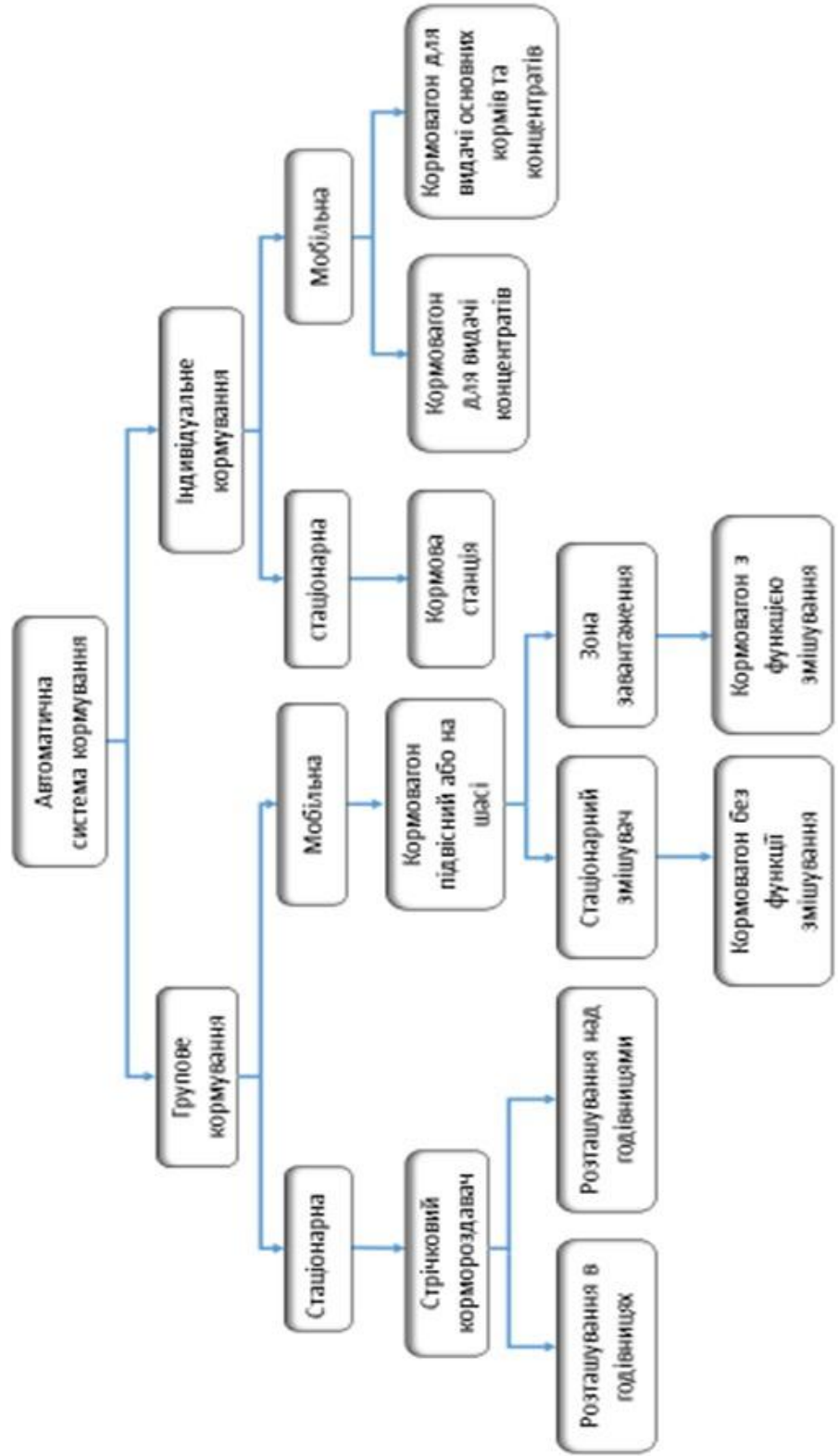


Рисунок 1 - Класифікація автоматичних систем годівлі ВРХ

## ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЇХ АНАЛІЗ

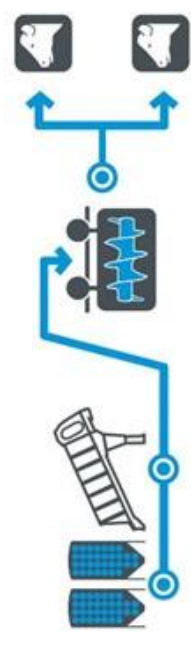
Залежно від рівня автоматизації та технічної складності можна виділити три типи

АСК з кормовим візком:

№ 1: навантажувальний засіб  
 → стаціонарний змішувач →  
 кормовий візок → тварини



№ 2: зона завантаження →  
 кормовий візок із функцією  
 змішування → тварини



№ 3: бункери-накопичувачі →  
 стаціонарний змішувач →  
 кормовий візок → тварини

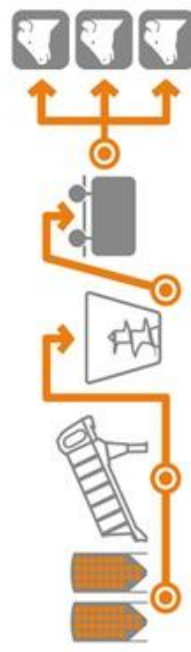


Рисунок 2 - Схеми автоматичних систем годівлі



## ТЕОРЕТИЧНІ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОРМОВОГО ВІЗКА

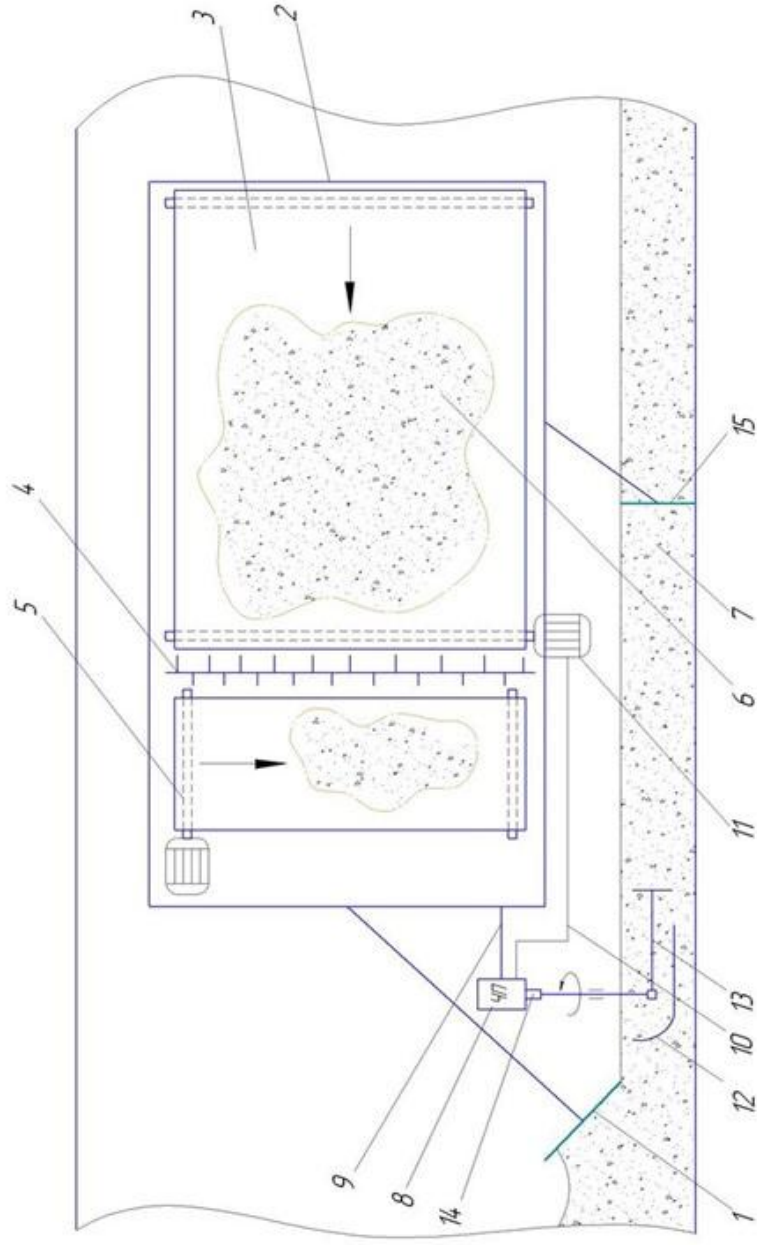


Рисунок 3 - Схема кормового візка: 1 - підгірбач, 2 - бункер,

3 - поздовжній транспортер, 4 – бітерний механізм, 5 - поперечний транспортер, 6 - кормозмішувач, 7 - кормовий стіл, 8 - ЧП, 9 - розсувна штанга, 10 - електропроводка, 11 - електродвигун, 12 - запобіжний щиток,

13 - розсувний поворотний копір, 14 - ручка регулятора ЧП, 15 - розрівнювач

## ТЕОРЕТИЧНІ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОРМОВОГО ВІЗКА

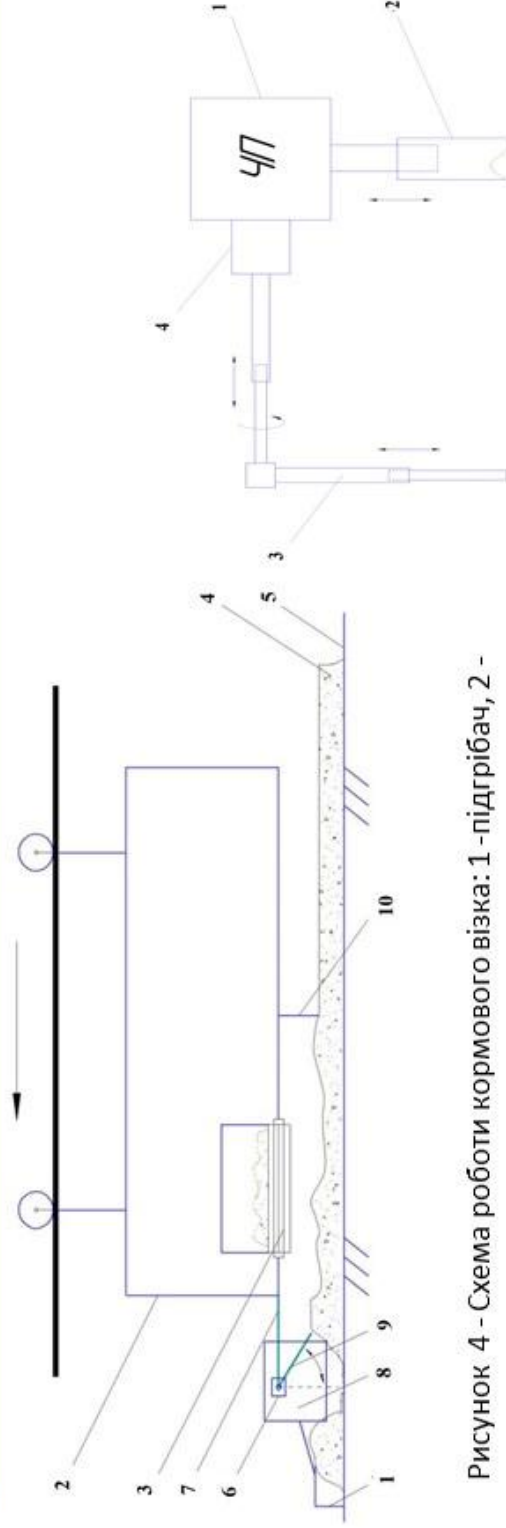


Рисунок 4 - Схема роботи кормового візка: 1 - підґрібач, 2 - бункер, 3 - поперечний транспортер, 4 - кормозмішувач, 5 - кормовий стіл, 6 - ЧП, 7 - розсувна штанга, 8 - запобіжний щиток, 9 – розсувний поворотний копір, 10 - розрівнювач

$$\frac{V_k}{V_{\text{гол}}} = \frac{B \cdot H \cdot A}{b_{\text{сл}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot l_k} = \frac{A}{V_{\text{поз}} \cdot l_k / V_{\text{кв}}} \rightarrow V_{\text{поз}} = \frac{b_{\text{сл}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot V_{\text{кв}}}{B \cdot H}, \text{ м/с,}$$

Де:  $b_{\text{сл}}$  і  $h_{\text{сл}}$  - відповідно ширина і висота шару кормосуміші, що формується на кормовому столі, м.

Рисунок 5 - Схема регулювання роботи копіру: 1 – частотний перетворювач, 2 - розсувна штанга, 3 - розсувний поворотний копір, 4 - ручка регулятора

## ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ЗМІНИ НОРМИ ВИДАЧІ КОРМОВОГО ВІЗКА

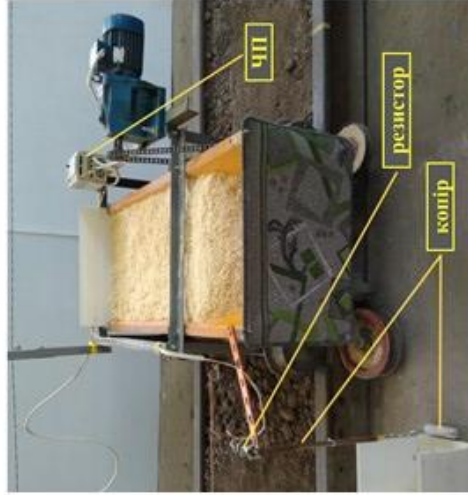


Рисунок 6 - Загальний вигляд лабораторної установки системи автоматичної зміни норми видачі кормосуміші кормовим візком: приводна станція (ліворуч) та колійний візок (праворуч)



Рисунок 7 - Отримана профільна поверхня (значення параметра 7-01 дорівнює 94): до вирівнювання (вгорі) та після вирівнювання (внизу)

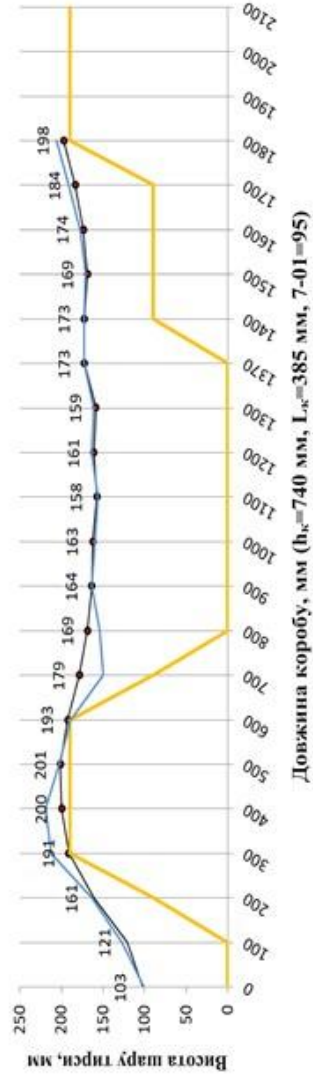


Рисунок 8 - Результати вимірювання після роздачі з розрівнюванням

## ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ЗМІНИ НОРМИ ВИДАЧІ КОРМОВОГО ВІЗКА

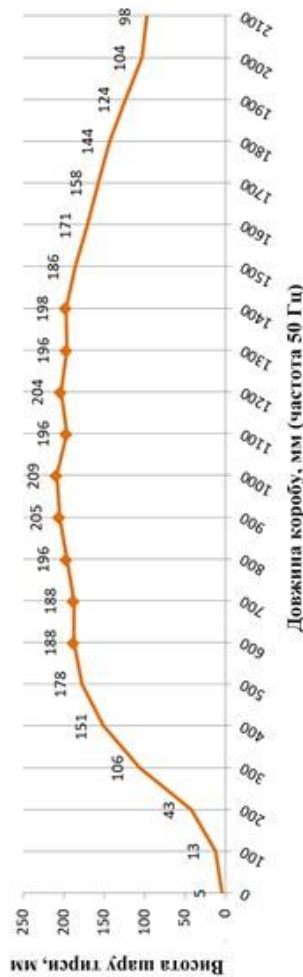
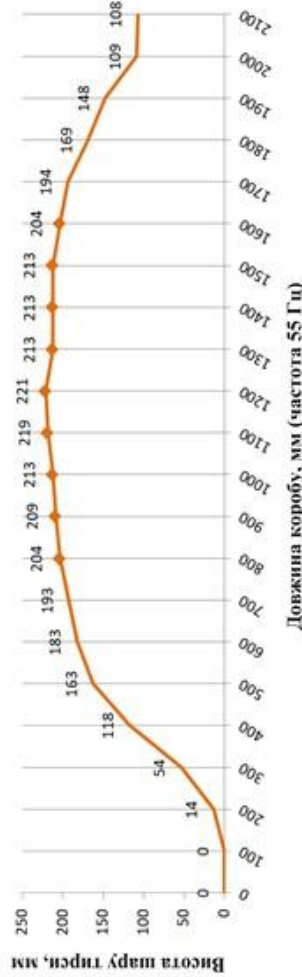


Рисунок 9 - Отримані профільні поверхні при роздачі в порожній коробі

За результатами вимірів при режимі вивантажувального транспортера, що встановився, висота профільної поверхні після роздачі в порожній короб (еталонна) знаходилася в межах:

- при  $v = 60$  Гц - 210-239 мм ( $y$  середньому 225 мм);
- при  $v = 55$  Гц - 204-221 мм ( $y$  середньому 212 мм);
- при  $v = 50$  Гц - 188-209 мм (загалом 198 мм).

Функцію кормового столу виконував виготовлений із пластикових панелей короб розмірами 2120х255х260 мм (Д х Ш х В), що забезпечує повне розвантаження транспортера по всій довжині короба.

## ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ЗМІНИ НОРМИ ВИДАЧІ КОРМОВОГО ВІЗКА

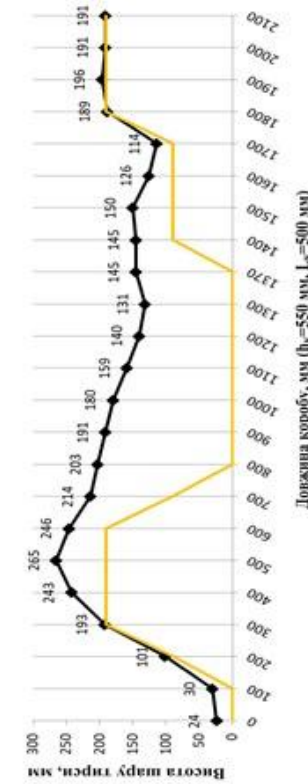
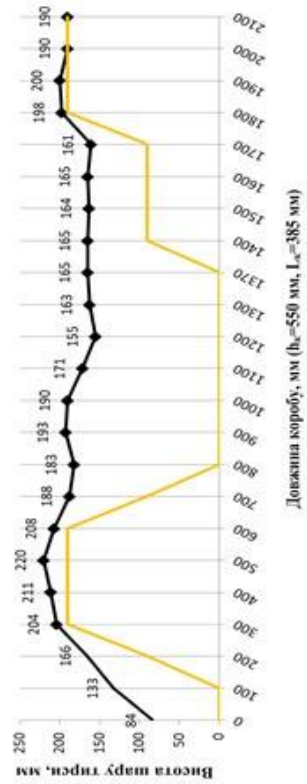
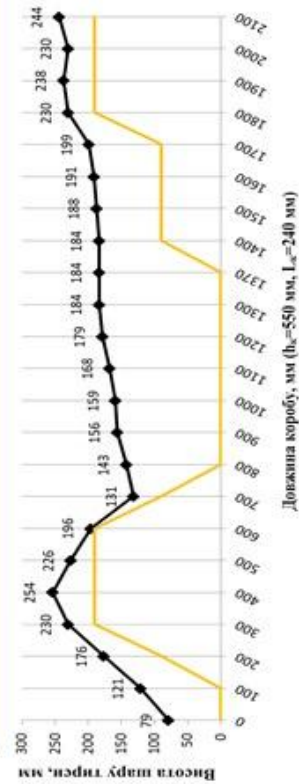
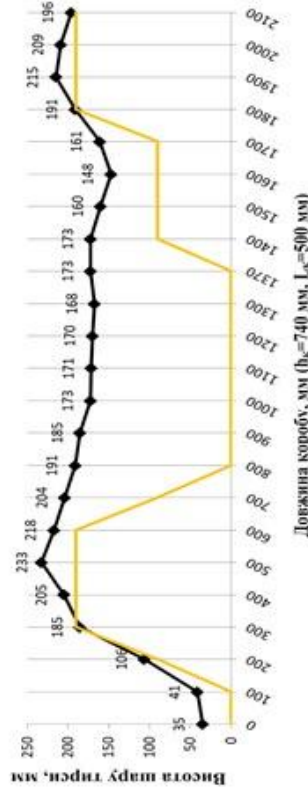
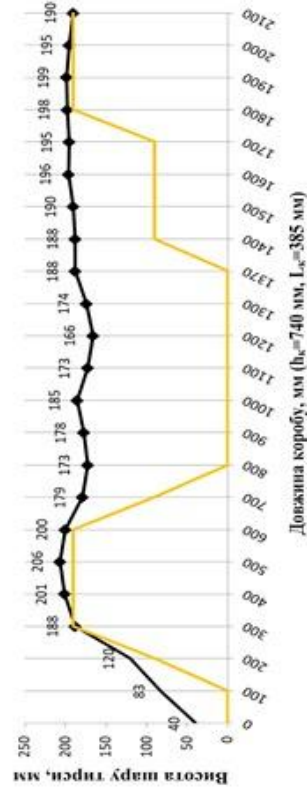
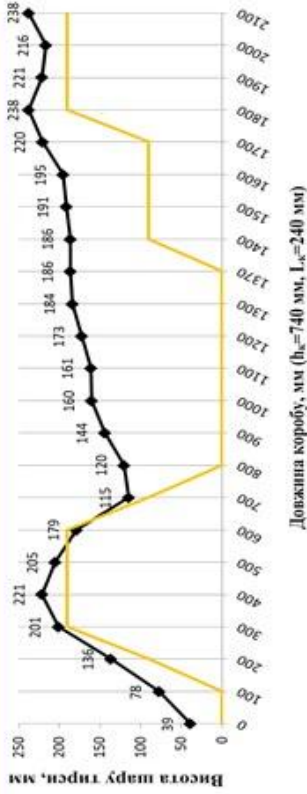


Рисунок 10 - Результати вимірів із виготовленою профільною поверхню при  $h_k = 550$  мм

Рисунок 11 - Результати вимірів після роздачі в короб із виготовленою профільною поверхню при  $h_k = 740$  мм

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Проаналізувавши всі загальні норми та правила охорони праці, та правила під час роботи з кормовими візками нами було введено низку удосконалень, що до запобігання впливу негативних факторів на всіх робітників відповідальних за дану технологічну лінію.

Щоб уникнути усіх розглянутих небезпечних факторів було впроваджено:

- працювати лише в спеціальному одязі і засобах індивідуального захисту рук та обличчя;
- встановлення додаткових загороджень в напрямку руху кормового візка;
- подовжити направляючий кожух вивантажувального шнека;
- використання додаткових світлодіодних джерел світла на робочих місцях.

Під час роботи на кормороздавачах **забороняється**:

- перевантажувати кормороздавачі кормами понад встановлену норму;
- перебувати в кузові кормороздавача при включеному двигуні трактора;
- працювати зі знятими захисними огорожами;
- перебувати поблизу робочих органів під час роботи кормороздавача;
- стояти під відкритим заднім бортом і класти на транспортери будь-які предмети;

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ КОРМОВИХ ВІЗКІВ

У зв'язку з постійною наявністю кормосумішей та високою кратністю годівлі підвищується рівень активності тварин і відповідно рівень споживання кормосумішей у середньому 3,5 %. Це веде до зростання продуктивності на 0,5%.

За даними, загалом втрати кормосумішей становлять 6...12 %. Однак при регулярному підрівнюванні кормів дані втрати знижуються у середньому на 75%. Додатковий ефект досягається завдяки відсутності перевитрати кормосуміші за рахунок використання у конструкції кормового вагона запропонованої системи автоматичної зміни норми видачі. Економічний ефект за рахунок зниження втрат кормосумішей визначається за такою формулою:

$$E_{\text{корм.}} = n_{\text{корм.}} \cdot N_{\text{гол.}} \cdot m_c \cdot \Delta I_{\text{корм.}} \cdot C_{\text{корм.}} \cdot \text{грн./рік}$$

Де:  $n_{\text{корм.}}$  - період годівлі, доб/год;

$N_{\text{гол.}}$  - поголів'я тварин, гол;

$m_c$  - добове споживання кормосуміші тваринами, ц/(гол·доб);

$\Delta I_{\text{корм.}}$  - частка зниження втрат кормосумішей;

$C_{\text{корм.}}$  - питома вартість кормосуміші, грн./ц.

При загальному економічному ефекті 295406 грн термін окупності розробки становитиме 1,15 року.

Таблиця 1 - Потужності приводних електродвигунів

Робочий орган	Питома потужність, кВт
Бітерний механізм	Кормовий візок 3,0
Ходовий двигун	2x0,18
Поздовжній транспортер	0,25
Поперечний транспортер	0,55
<b>Всього</b>	<b>4,16</b>

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень було сформульовано такі загальні висновки:

- Проведений аналіз тенденцій у галузі механізації та автоматизації приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ показав, що застосування автоматичних систем годівлі дозволяє підвищити кратність годівлі тварин, що призводить до підвищення їхньої продуктивності.
- Технологічна лінія приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ повинна включати мобільний кормоцех, що забезпечує приготування кормосумішей, бункери-накопичувачі готових раціонів з ваговою системою та вивантажувальними конвеєрами, кормовий візок, що забезпечує роздачу кормосумішей технологічним групам тварин.
- Розроблено систему автоматичної зміни норми видачі кормосуміші кормовим вагоном в залежності від наявності її залишків на кормовий стіл. Вона повинна включати підгрібач, закріплений на розсувний штанзі розсувний поворотний копір, частотний перетворювач у системі управління приводом поздовжнього транспортера та розрівнювач. Межа регулювання довжини копіра повинна становити від 750 до 1300 мм при максимальному відхиленні в межах від 30 до 45° від вертикального положення, а його висіт - 385 мм при висоті формується шару кормосуміші на кормовому столі 200 мм.
- Встановлено, що зі збільшенням поголів'я тварин від 200 до 1000 голів продуктивність мобільного кормоцеху підвищується на 13...16 %, у своїй її найбільше зростання досягається зі збільшенням поголів'я від 200 до 400 голів. Використання мобільних кормоцехів вантажопідйомністю понад 10 000 кг не дає відчутного технологічного чи економічного ефекту.
- Встановлено, що при збільшенні кратності годівлі від 2 до 10 разів на добу продуктивність більш містких кормових вагонів знижується помітніше: при обсязі 1,5 м<sup>3</sup> продуктивність знижується на 33%, за обсягом 4,5 м<sup>3</sup> – на 56%. До кожного корівника доцільно використовувати окремий кормовий вагон. Для обслуговування тварин у корівниках, що вміщують до 340 голів, достатньо кормового вагона об'ємом 1,5 м<sup>3</sup> за умов: кратність годівлі 4 рази на добу та більше; час одного годування всього поголів'я трохи більше 2 год; наявність єдиного кормового проходу завдовжки 100 м±10%.
- Економічний ефект від запровадження пропонованої технологічної лінії порівняно з технологічною лінією на базі мобільних кормоцехів у розрахунку на 100 голів становить 43442 грн./рік у цінах 2021 р., а термін окупності - 1,15 роки.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

**ІНЖИНІРИНГ АГРОПРОМИСЛОВОГО  
ВИРОБНИЦТВА**

Всеукраїнська студентська науково-практична конференція

Дніпро, 2021

**УДК 631:62-5**

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

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

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

Адреса оргкомітету:

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

© ДДАЕУ, 2021  
© Автори публікацій, 2021

**КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ГОДІВЛІ ВРХ**

Лагутін Р.В.

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

*Науковий керівник – Дудін В.Ю.,  
кандидат технічних наук, доцент*

В даний час перспективною технологією для годівлі ВРХ є використання автоматичних систем годівлі (АСГ), які відрізняються технічною складністю, рівнем автоматизації та іншими параметрами. Їхнім виробництвом займаються такі компанії як GEA Farm Technologies GmbH (Німеччина), EDER GmbH (Німеччина), KUHN System TKS (Німеччина та Норвегія), Wasserbauer (Австрія), Hetwin (Австрія), SCHAUER Agrotronic GmbH (Австрія), Jeantill (Франція), Trioliet (Нідерланди), Lely (Нідерланди), Schuitemaker (Нідерланди), DeLaval (Швеція), Pellon (Фінляндія), Cormall (Данія), Euromilk (Польща), ЗАТ «Колнаг» (Росія), Rovibec (Канада), Dawoon Co., Ltd. (Південна Корея) та ін.

Згідно думкам зарубіжних дослідників у 2015 році у всьому світі працювало близько 1250 таких систем, переважно на фермах у південній Німеччині, Австрії та скандинавських країнах, Голландії, Канаді та Японії. У загальному вигляді АСК можна класифікувати так (рис. 1).

При індивідуальній годівлі для точно дозованої видачі концентрованих кормів застосовуються кормові станції - GEA DairyFeed C 8000, DeLaval Feed Stations FSC40 та FSC400, Lely Cosmix та спеціальні кормові візки - DeLaval FM та FW200, Pellon Concentrate Feeder. Також цю операцію можуть виконувати доїльні роботи - Lely Astronaut A4, DeLaval VMS, у боксах яких у процесі доїння тварини одержують задану

порцію корму. Ідентифікація корів описаним обладнанням здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв - транспондерів, або за розташуванням у стійлі.



Рисунок 1 - Класифікація автоматичних систем годівлі ВРХ

Аналіз тенденцій у галузі механізації та автоматизації процесу приготування та роздачі кормосумішей на фермах ВРХ показав, що застосування АСГ забезпечує отримання додаткових технологічних та економічних ефектів, але головною перешкодою для їх активного впровадження у виробництво є висока вартість, обумовлена підвищеним рівнем технічної складності.

Економічний ефект складатиметься з підвищення продуктивності тварин за рахунок збільшення кратності годівлі, зменшення втрат кормосумішей та витрат на будівництво тваринницьких приміщень.

#### Список використаних джерел:

1. Офіційний сайт Cormall [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.cormall.dk/index.php/en/products>.
2. Офіційний сайт Dawoon Co., Ltd. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://dawoon.en.ec21.com/TMR-Robot-Feeder--10681189\\_10681259.html](https://dawoon.en.ec21.com/TMR-Robot-Feeder--10681189_10681259.html).