

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення технологічної лінії змішування і роздавання кормів для
ферми великої рогатої худоби з модернізацією кормозмішувача**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Гранкін Павло Олексійович

Керівник: _____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

Рецензент: _____ Носенко Євгеній Олегович

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

прізвище, ініціали)

«05» травня 2026 р

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Гранкіну Павлу Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічної лінії змішування і роздавання кормів для ферми великої рогатої худоби з модернізацією кормозмішувача
керівник проєкту Алієв Ельчин Бахтияр огли, д.т.н., старший дослідник

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючих приготування корму. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Сучасний стан кормовиробництва на фермах ВРХ. 2. Проектування технологічного процесу приготування та роздавання кормів. 3. Розрахунок та обґрунтування параметрів кормозмішувача 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна ефективність проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. План, розріз корівника (A1). 2. Схема технологічна (A1). 3. Вигляд загальний (A1). 4. Робочий орган (A1). 5. Верхня секція валу (A2). 6. Нижня секція валу (A2). 7. Скребок (A3). 8. Ніж (A3). 9. Гвинтова поверхня (A3). 10. Відбійник (A3). 11. Економічні показники (A2).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Алієв Е.Б., професор	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		12.06.2026

7. Дата видачі завдання: «05» травня 2026 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Технологічний	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Охорона праці	до 02.06.2026 р.	
5	Економічний	до 09.06.2026 р.	
6	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент

_____ Гранкін П.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

_____ Алієв Е.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Гранкін П.О. Удосконалення технологічної лінії змішування і роздавання кормів для ферми великої рогатої худоби з модернізацією кормозмішувача / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Метою проєкту є підвищення ефективності технологічного процесу приготування та роздавання кормів на фермі великої рогатої худоби шляхом удосконалення конструкції міксера-кормороздавача, що забезпечує покращення якості змішування кормів, зниження енерговитрат та підвищення продуктивності технологічної лінії.

У роботі проведено аналіз сучасного стану галузі тваринництва та кормовиробництва в Україні, розглянуто основні вимоги до приготування кормових сумішей та особливості сучасних технологій годівлі великої рогатої худоби.

Визначено потребу господарства у кормах, обґрунтовано вибір міксера-кормороздавача та розраховано основні параметри робочого органу. У роботі запропоновано вдосконалену конструкцію вертикального шнекового робочого органу з модернізованими шнековими секціями та ножовим вузлом.

Проведено розрахунок конструктивних та енергетичних параметрів міксера-кормороздавача, виконано перевірочні розрахунки елементів конструкції на міцність та обґрунтовано вибір матеріалів основних деталей. Розроблено заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища під час експлуатації обладнання.

У техніко-економічній частині роботи визначено економічну ефективність запропонованого вдосконалення. Встановлено, що модернізація дозволяє скоротити тривалість змішування кормів, зменшити витрати пального та енерговитрати технологічного процесу. Розраховано річний економічний ефект та термін окупності проєкту.

Ключові слова: міксер-кормороздавач, шнек, кормосуміш, змішування кормів, технологічна лінія, годівля ВРХ, модернізація, робочий орган.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. СУЧАСНИЙ СТАН КОРМОВИРОБНИЦТВА НА ФЕРМАХ ВРХ	10
1.1 Аналіз галузі тваринництва і кормовиробництва в Україні	10
1.2 Основні вимоги до приготування кормів	17
1.3 Огляд сучасних технологій годування ВРХ	21
1.4 Висновок з розділу	23
2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ ТА РОЗДАВАННЯ КОРМІВ.....	25
2.1 Вихідні дані для розрахунку	25
2.2 Розрахунок раціону годівлі	25
2.3 Визначення продуктивності лінії змішування і роздавання кормів.....	28
2.4 Розрахунок необхідної кількості мобільних кормороздавачів	29
2.5 Складання технологічної схеми процесу роздавання кормів.....	31
2.6 Висновок з розділу	33
3. РОЗРАХУНОК ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОРМОЗМІШУВАЧА ...	35
3.1 Вимоги до кормозмішувача	35
3.2 Аналіз відомих конструкцій та патентів	36
3.3 Пропоноване вдосконалення міксера-кормороздавача.....	57
3.4 Розрахунок конструктивних параметрів міксера-змішувача.....	60
3.5 Розрахунок енергетичних параметрів міксера-кормороздавача	65
3.6 Висновок з розділу	66
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	69
4.1 Аналіз умов праці під час приготування та роздавання кормів	69
4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі міксера-кормороздавача.....	71
4.3 Заходи з охорони праці при експлуатації міксера-кормороздавача	73
4.4 Заходи пожежної безпеки.....	74
4.5 Заходи із захисту навколишнього середовища	75
4.6 Висновок з розділу	77

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ	78
Висновки.....	80
БІБЛІОГРАФІЯ	82
ДОДАТКИ.....	85

ВСТУП

Тваринництво є однією з провідних галузей сільського господарства України, від ефективності якої значною мірою залежить забезпечення населення продуктами харчування та стабільність аграрного сектору. Одним із найважливіших факторів підвищення продуктивності великої рогатої худоби є організація повноцінної та збалансованої годівлі тварин. Якість приготування кормових сумішей безпосередньо впливає на продуктивність тварин, собівартість продукції та економічну ефективність господарства.

У сучасному тваринництві широкого застосування набули мобільні міксери-кормороздавачі, які забезпечують подрібнення, змішування, транспортування та роздавання кормових сумішей. Використання таких машин дозволяє механізувати трудомісткі процеси приготування кормів, підвищити однорідність кормосуміші та зменшити втрати кормів під час годівлі тварин. Разом із тим існуючі конструкції міксерів-кормороздавачів мають ряд недоліків, серед яких значні енерговитрати, недостатня інтенсивність змішування, нерівномірність подрібнення грубих кормів та підвищене навантаження на робочі органи.

Особливо важливим елементом конструкції кормозмішувача є вертикальний шнековий робочий орган, який виконує функції транспортування, перемішування та часткового подрібнення кормової маси. Ефективність його роботи визначає якість готової кормосуміші, продуктивність машини та енергоємність технологічного процесу. Тому вдосконалення конструкції шнекового робочого органа є актуальним напрямом підвищення ефективності технологічних ліній приготування кормів.

Об'єктом дослідження є технологічний процес приготування та роздавання кормів на фермі великої рогатої худоби. Предметом дослідження є конструкція та параметри шнекового робочого органа міксера-кормороздавача.

Метою дипломного проєкту є вдосконалення технологічної лінії приготування кормів на фермі великої рогатої худоби шляхом модернізації

міксера-кормороздавача для підвищення ефективності змішування кормів, зниження енерговитрат та покращення якості кормосуміші.

Для досягнення поставленої мети були вирішені такі завдання:

- проведено аналіз стану галузі тваринництва та кормовиробництва в Україні;
- виконано проектування технологічного процесу приготування та роздавання кормів;
- проведено аналіз існуючих конструкцій кормозмішувачів-роздавачів;
- розроблено вдосконалену конструкцію вертикального шнекового робочого органа;
- виконано розрахунок конструктивних та енергетичних параметрів кормозмішувача;
- проведено перевірочні розрахунки елементів конструкції на міцність;
- розроблено заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища;
- визначено техніко-економічну ефективність запропонованого вдосконалення.

У дипломному проєкті за основу прийнято ферму ТОВ «Дружба-Казначейка», де утримується близько 1000 голів великої рогатої худоби. Для підвищення ефективності роботи технологічної лінії запропоновано вдосконалення конструкції вертикального шнека міксера-кормороздавача шляхом застосування модернізованих шнекових секцій та ножового вузла. Запропоноване технічне рішення забезпечує інтенсифікацію процесу змішування кормів, зниження тривалості технологічного циклу та зменшення витрат пального й енергії.

Проведені техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження запропонованої модернізації у виробничих умовах.

1. СУЧАСНИЙ СТАН КОРМОВИРОБНИЦТВА НА ФЕРМАХ ВРХ

1.1 Аналіз галузі тваринництва і кормовиробництва в Україні

Одним із ключових завдань забезпечення сталого розвитку аграрного сектору України є збільшення обсягів виробництва продукції тваринництва. Розвиток вітчизняного тваринництва здійснюється за двома основними напрямками - екстенсивним та інтенсивним. Екстенсивний напрям передбачає стабілізацію та поступове відновлення чисельності поголів'я сільськогосподарських тварин, формування високопродуктивного стада, створення надійної кормової бази та забезпечення належних умов утримання. Інтенсивний шлях розвитку базується на підвищенні продуктивності тварин завдяки використанню якісних кормів, збалансованих раціонів і сучасних технологій годівлі. В сучасних умовах обидва підходи залишаються актуальними, оскільки тваринницька галузь України потребує як кількісного відновлення, так і якісного технологічного вдосконалення.

Протягом 2000–2023 років в Україні спостерігалось суттєве скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин. Чисельність великої рогатої худоби зменшилася на 75,6%, у тому числі корів - на 72,6%, свиней - на 34,7%. Водночас поголів'я птиці збільшилося на 36,2%. Ситуація значно ускладнилася після повномасштабного вторгнення росії у 2022 році. Порівняно з попереднім роком втрати поголів'я сільськогосподарських тварин оцінювалися на рівні 15-20%. Станом на 1 січня 2023 року скорочення становило близько 15% для ВРХ, у тому числі 12,4% корів, 10% свиней та 13% птиці. За таких умов аграрні підприємства змушені адаптуватися до нових економічних і виробничих реалій, шукати шляхи відновлення галузі та підвищення ефективності виробництва. При цьому нарощування поголів'я має здійснюватися в раціональних межах із максимальним використанням генетичного потенціалу тварин.

Тваринництво займає важливе місце в структурі аграрного виробництва України, хоча його частка у валовій продукції сільського господарства останніми роками зменшується. Якщо у 2010 році вона становила 29,5%, то у 2021 році -

лише 18,6%. Основними напрямками галузі залишаються скотарство, свинарство, птахівництво та вівчарство. У 2021 році обсяг виробництва продукції м'ясного тваринництва становив 71,6 млрд грн, що перевищувало рівень 2010 року на 10,7%. У період 2015–2019 років спостерігалось зростання виробництва м'яса різних видів, однак надалі ситуація стала менш стабільною через економічні та воєнні чинники.

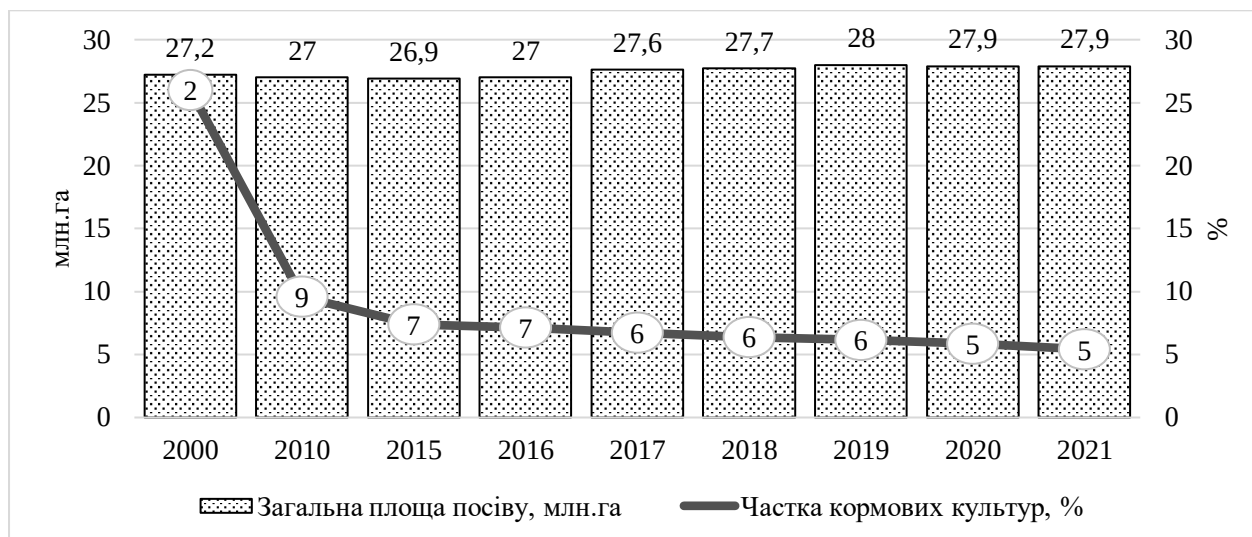


Рисунок 1.1 – Частка кормових культур в посівній площі України

Найбільш динамічно в Україні розвивається птахівництво. Частка м'яса птиці у структурі м'ясного балансу країни у 2022/2023 маркетинговому році досягла 55,2%, що на 6,8% більше порівняно з 2015/2016 роком. Свинина посідала друге місце з часткою 30,8%, хоча цей показник зменшився на 2,6%. Загалом за період 2015–2023 років виробництво м'яса всіх видів скоротилося приблизно на 9%, при цьому виробництво свинини знизилось на 16,1%, яловичини - майже на 30%, тоді як виробництво курятини продемонструвало незначне зростання.

Складна ситуація спостерігається і в молочній галузі. Скорочення чисельності корів призводить до зменшення валового виробництва молока. У 2022 році обсяг виробництва молока становив близько 7160 тис. т, що на 32,5% менше порівняно з 2015 роком. Основну частину молока продовжують виробляти господарства населення, частка яких у 2022 році становила 66,1%, хоча вона

також поступово зменшується. Основними причинами кризових явищ у молочному скотарстві є незадовільний стан матеріально-технічної бази господарств, недостатній рівень забезпечення якісними кормами, обмеженість державної та інноваційної підтримки, нестабільність ринку, низька платоспроможність населення та недостатній розвиток ринкової інфраструктури.

У зв'язку з цим особливого значення набуває впровадження сучасних технологій кормовиробництва та механізації процесів приготування кормових сумішей. Раціональна організація годівлі та використання сучасних кормозмішувачів дозволяють підвищити ефективність використання кормів, знизити їх втрати, покращити продуктивність тварин та зменшити собівартість продукції тваринництва.

Кормовиробництво в Україні традиційно поділяється на два основні напрями - польове та лукопасовищне. Польове кормовиробництво базується на вирощуванні кормових культур у сівозмінах, тоді як лукопасовищне пов'язане з використанням природних і культурних сіножатей та пасовищ. В останні десятиліття розвиток польового кормовиробництва характеризується стійкою тенденцією до скорочення площ посіву кормових культур. Якщо у 1990 році під кормові культури відводилося близько 11,9 млн га, то у 2021 році цей показник скоротився до 1,5 млн га, тобто майже на 88%. Порівняно з 2000 роком скорочення становило понад 78%.

Особливо помітним є зменшення площ багаторічних та однорічних трав. За останні дванадцять років площі посіву багаторічних трав скоротилися більш ніж на 2 млн га, або понад на 70%, а однорічних - майже на 85%. Водночас у структурі кормових культур частка багаторічних трав дещо зросла, тоді як частка однорічних зменшилася. Загалом питома вага кормових культур у структурі посівних площ сільськогосподарських угідь знизилася з 26% у 2000 році до приблизно 5,4% у 2021 році.

Сучасний розвиток кормовиробництва в Україні значною мірою залежить від стану тваринництва, оскільки саме ця галузь визначає потребу у кормах, їх асортимент, обсяги виробництва та якісні характеристики. Така залежність

фактично не дозволяє кормовиробництву функціонувати як самостійній галузі аграрного виробництва. Внаслідок цього державна політика у сфері кормовиробництва залишається недостатньо сформованою, а інвестиційна привабливість галузі - низькою як для внутрішніх, так і для зовнішніх інвесторів.

Лукопасовищне кормовиробництво в Україні також розвинене недостатньо. Значні площі перелогів, пасовищ і сіножатей потребують відновлення, окультурення та впровадження сучасних агротехнологій. За оцінками фахівців, близько 7,7 млн га таких угідь потребують ефективного використання та технологічної модернізації. Це створює значний потенціал для розвитку кормової бази, особливо у молочному та м'ясному скотарстві.

Для забезпечення продовольчої безпеки держави тваринницька галузь повинна забезпечувати виробництво необхідних обсягів молока, м'яса та яєць. Досягнення таких показників можливе лише за умови раціональної та повноцінної годівлі тварин. Ефективне використання кормів передбачає отримання максимальної кількості продукції з одиниці кормових ресурсів. За сучасними підходами одна тонна кормів повинна забезпечувати виробництво приблизно однієї тонни молока, 0,13 т яловичини, 0,3 т свинини, 0,45 т м'яса птиці та близько 5,5 тис. яєць. Для досягнення прогнозованих обсягів виробництва продукції тваринництва галузь кормовиробництва має забезпечити значні обсяги заготівлі сіна, сінажу та силосу.

Витрати на корми займають основну частку у структурі собівартості продукції тваринництва. У виробництві молока частка кормів становить приблизно 50–55%, яловичини - до 70%, а у свинарстві та птахівництві - до 80%. Саме тому якість кормів і ефективність їх використання безпосередньо впливають на економічні результати діяльності тваринницьких підприємств. Заготівля якісних кормів із високою поживною цінністю дозволяє знизити собівартість продукції та підвищити рентабельність виробництва.

Важливою умовою отримання якісних кормів є дотримання сучасних технологій вирощування та заготівлі кормових культур. Значну роль відіграє своєчасний догляд за кормовими угіддями, правильне внесення добрив,

оптимальні строки скошування трав та застосування сучасної техніки для заготівлі і приготування кормів.

Однією з ключових проблем тваринництва та кормовиробництва залишається забезпечення повноцінної кормової бази. Її вирішення потребує впровадження інноваційних технологій, підвищення рівня механізації процесів приготування кормосумішей та використання сучасного обладнання. Особливого значення набуває застосування міксерів-кормороздавачів, які дозволяють забезпечити рівномірне змішування компонентів раціону, зменшити втрати кормів та підвищити ефективність годівлі тварин.

У структурі кормових ресурсів дедалі більшого значення набувають концентровані корми та комбікорми. Їх частка у загальному обсязі споживання кормів постійно зростає завдяки високій енергетичній цінності, значному вмісту протеїну, мінеральних речовин і вітамінів. Крім того, розвитку комбікормової галузі сприяє відновлення роботи вітчизняних комбікормових підприємств та висока конкуренція між виробниками. Найбільшими споживачами комбікормів є птахівничі підприємства, на які припадає близько 60% загального обсягу споживання, тоді як у скотарстві цей показник значно нижчий через скорочення поголів'я великої рогатої худоби.

Таблиця 1.1 – Динаміка виробництва видів тваринницьких кормів в Україні, тис.т.

Види кормів	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Зміна, %
Комбікорми всього	6192	6232	5984	6025	6464	6302	5657	8,6
– для свиней	1395	1440	1107	1210	1229	1236	1264	9,4
– для ВРХ	722	738	592	724	701	744	645	10,7
– для птиці	3884	4032	3745	4091	4534	4322	3748	3,5
Премікси для кормів сільськогосподарських тварин	60,2	52,8	55,3	67,9	78,6	60,0	38,3	36,4

Ефективний розвиток тваринництва в Україні неможливий без модернізації кормовиробництва, удосконалення технологій заготівлі кормів та впровадження сучасних засобів механізації процесів приготування і роздавання кормових сумішей.

Для забезпечення тваринництва високоякісними кормами, збалансованими за вмістом поживних речовин, необхідним є комплексний розвиток системи кормовиробництва, що включає як польове, так і лукопасовищне напрями. Підвищення продуктивності кормових культур може досягатися шляхом оптимізації структури посівних площ на зрошуваних і неполивних землях, а також завдяки впровадженню сучасних енергоощадних технологій вирощування кормових культур.

В Україні сформовано значний науковий і селекційний потенціал у сфері кормовиробництва. У державному реєстрі сортів рослин накопичено велику кількість перспективного селекційного матеріалу кормових культур. Щорічно українськими науковцями та селекціонерами створюються нові високопродуктивні сорти зернофуражних культур, бобових і злакових трав, які характеризуються підвищеною врожайністю та покращеними показниками поживної цінності. Крім забезпечення кормової бази, кормові культури можуть використовуватись для рекультивації деградованих і техногенно забруднених земель, а також у системах органічного землеробства.

Світовий досвід свідчить, що в умовах глобалізації ефективним напрямом розвитку є формування спеціалізованих кормовиробничих підприємств, орієнтованих на забезпечення потреб малого та середнього агробізнесу. Такий підхід дозволяє підвищити рівень спеціалізації виробництва, покращити якість кормів і забезпечити стабільне постачання продукції для тваринницьких господарств.

Перспективним для України є використання досвіду європейських країн, зокрема Польщі, у сфері розвитку кормовиробництва та забезпечення тваринництва кормами. Основні світові тенденції розвитку галузі пов'язані з підвищенням екологічної безпечності кормів, розширенням використання кормових добавок, оптимізацією структури раціонів, підвищенням ефективності використання кормів, розвитком спеціалізації, цифровізації та інноваційних технологій. Важливим напрямом також є активізація виробництва кормів у господарствах населення та малих фермерських господарствах. Повноцінна

реалізація цих заходів в Україні стане можливою після завершення воєнних дій та відновлення безпечного ведення сільського господарства на деокупованих територіях.

Для забезпечення сталого розвитку аграрного виробництва необхідно зберігати та раціонально використовувати природні ресурси, зокрема земельні угіддя, ліси та водні екосистеми. Одним із головних напрямів розвитку сучасного кормовиробництва є впровадження екологічно безпечних технологій, підвищення ефективності використання поживних речовин, зменшення втрат і відходів, повторне використання органічних ресурсів та інтеграція різних галузей сільського господарства. Такий підхід дозволяє одночасно підвищити продуктивність агровиробництва та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Наукові дослідження підтверджують, що впровадження інноваційних технологій самовідновлюваного землеробства сприяє більш раціональному використанню природних ресурсів і забезпечує довгострокове економічне зростання аграрного сектору. Інтеграція рослинництва, тваринництва та кормовиробництва створює умови для ефективнішого використання поживних речовин і підвищення рівня ресурсозбереження.

Україна має значний потенціал розвитку кормовиробничої галузі, який дозволяє не лише повністю забезпечити внутрішні потреби у кормовому білку, але й розширити присутність на міжнародному ринку як постачальника продуктів глибокої переробки кормової сировини. Однак для реалізації цього потенціалу необхідний комплексний підхід до відновлення та модернізації галузі. Він повинен включати реструктуризацію посівних площ, удосконалення агротехнологій вирощування кормових культур, використання спеціалізованої техніки для розмінування сільськогосподарських земель, а також створення державних і міжнародних програм підтримки кормовиробництва та тваринництва.

Особливого значення набуває підтримка молочного скотарства, насамперед у секторі малого та середнього агробізнесу. Подальший розвиток екологічно

безпечного та технологічно сучасного кормовиробництва сприятиме підвищенню ефективності всього аграрного сектору, створенню продукції з високою доданою вартістю та зміцненню продовольчої безпеки держави.

1.2 Основні вимоги до приготування кормів

Ефективність тваринництва значною мірою залежить від якості підготовки та приготування кормів, оскільки саме повноцінна й збалансована годівля забезпечує високу продуктивність тварин, їх здоров'я та раціональне використання кормових ресурсів. Процес приготування кормів повинен забезпечувати максимальне збереження поживних речовин, однорідність кормосуміші та відповідність раціонів фізіологічним потребам тварин.

Однією з головних вимог до приготування кормів є забезпечення збалансованості раціону за вмістом енергії, протеїну, клітковини, мінеральних речовин, вітамінів та інших поживних компонентів. Для великої рогатої худоби особливо важливим є правильне співвідношення грубих, соковитих і концентрованих кормів. Недостатня або надлишкова кількість окремих компонентів негативно впливає на продуктивність тварин, їх фізіологічний стан та ефективність використання кормів.

Раціональна організація годівлі є одним із визначальних чинників ефективності виробництва продукції тваринництва. Для великої рогатої худоби корми виступають основним джерелом енергії, протеїну, мінеральних речовин і вітамінів, що забезпечують підтримання життєвих функцій організму, ріст, відтворення та формування високої продуктивності. Частка витрат на корми в собівартості молока і приросту живої маси становить 50–70 %, тому їх якість та раціональне використання безпосередньо впливають на економічну ефективність господарства.

Корми для великої рогатої худоби повинні забезпечувати:

- покриття енергетичних потреб організму (обмінна енергія);
- достатній рівень перетравного протеїну;
- оптимальне співвідношення структурної клітковини;

- надходження макро- і мікроелементів (Ca, P, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn тощо);
- забезпечення вітамінами (A, D, E, групи B).

Особливе значення для молочної худоби має збалансованість раціону за сухою речовиною, сирим протеїном, нейтрально-детергентною клітковиною (NDF) та крохмалем, що впливає на роботу рубця, синтез мікробного білка і продуктивність корів.

Недостатня або незбалансована годівля призводить до зниження надоїв, погіршення якості молока, порушення відтворної функції, розвитку метаболічних захворювань (ацидоз, кетоз тощо) та зменшення тривалості продуктивного використання тварин.

У виробництві кормів для ВРХ застосовують такі основні групи:

- Грубі корми — сіно, солома, сінаж.
- Соковиті корми — силос, коренеплоди, зелена маса.
- Концентровані корми — зернофураж, комбікорми, білково-вітамінні добавки.
- Мінеральні та кормові добавки — премікси, солі, буферні речовини.
- Рідкі кормові компоненти — меляса, рідкі протеїнові добавки.

При сучасній технології годівлі найбільш ефективним є використання повнораціонних кормових сумішей (TMR), що забезпечують одночасне надходження всіх компонентів раціону в кожній порції корму.

Корми повинні містити необхідну кількість енергії, протеїну, клітковини, жирів, мінеральних речовин та вітамінів відповідно до фізіологічного стану і продуктивності тварин. Співвідношення поживних речовин має відповідати нормам годівлі.

Корми повинні мати приємний запах, нормальний колір і структуру, не містити сторонніх домішок. Висока перетравність забезпечує повніше використання поживних речовин і зменшення втрат.

Корм не повинен містити:

- токсичних речовин;

- плісняви та мікотоксинів;
- патогенних мікроорганізмів;
- сторонніх механічних домішок (метал, каміння).

Вологість кормів повинна відповідати технологічним вимогам:

- силос: до 75-85 %,
- сінаж: 45-60 %,
- сіно: до 17-20 %,
 - кормосуміш: у межах, що забезпечують її сипкість і однорідність.

Для нормальної роботи рубця важливим є наявність достатньої довжини структурних частинок:

- грубі корми - 20–50 мм;
- подрібнена маса - не надто дрібна, щоб уникнути ацидозу.

При використанні міксерів-кормороздавачів кормова суміш повинна бути гомогенною, щоб запобігти вибіркового поїдання окремих компонентів.

Корми повинні бути придатними до механізованого завантаження, подрібнення, змішування та роздавання без втрати поживних властивостей.

Важливою вимогою є однорідність кормосуміші. У процесі змішування всі компоненти повинні рівномірно розподілятися по всьому об'єму суміші, щоб кожна порція корму мала однаковий склад. Нерівномірне перемішування призводить до вибіркового поїдання кормів тваринами, порушення структури раціону та зниження продуктивності. Особливо це актуально при використанні повнораціонних кормових сумішей (TMR).

Під час приготування кормів необхідно забезпечувати оптимальний ступінь подрібнення компонентів. Надто великі частки погіршують змішування та поїдання корму, а надмірне подрібнення може негативно впливати на роботу травної системи тварин, зокрема рубця великої рогатої худоби. Для грубих кормів довжина часток повинна забезпечувати нормальний процес жуйки та ефективне перетравлення корму.

Однією з основних вимог є мінімізація втрат кормів і поживних речовин у процесі приготування, транспортування та роздавання. Втрати можуть виникати

внаслідок пиловиділення, розшарування суміші, зависання корму або його нерівномірного переміщення. Тому конструкція кормозмішувачів і технологія приготування повинні забезпечувати безперервне перемішування кормової маси та ефективну циркуляцію компонентів усередині бункера.

Технологічний процес приготування кормів повинен бути механізованим і відповідати вимогам енергоефективності. Сучасні кормозмішувачі повинні поєднувати функції подрібнення, змішування, транспортування та роздавання кормів при мінімальних витратах енергії та робочого часу. Важливими показниками роботи обладнання є продуктивність, надійність, ремонтпридатність та простота технічного обслуговування.

Суттєве значення має санітарно-гігієнічний стан кормів. Під час приготування необхідно запобігати забрудненню кормової маси сторонніми домішками, розвиткові плісняви, гниття та втраті поживної цінності. Особливо важливо забезпечити правильні умови заготівлі та зберігання силосу, сінажу й концентрованих кормів.

Однією з вимог до сучасних технологій годівлі є можливість точного дозування окремих компонентів кормосуміші. Це дозволяє формувати раціони відповідно до віку, продуктивності та фізіологічного стану тварин. Використання сучасних міксерів-кормороздавачів забезпечує автоматизацію процесу приготування кормів та підвищує точність дозування компонентів.

Для забезпечення високої ефективності годівлі кормосуміш повинна мати належну структуру, вологість і температуру. Надто сухі суміші можуть пилити та погано поїдатися тваринами, а надмірно вологі - втрачати сипкість і ускладнювати процес змішування та роздавання. Оптимальна структура корму сприяє кращому споживанню та засвоєнню поживних речовин.

Таким чином, процес приготування кормів повинен забезпечувати отримання однорідної, збалансованої та якісної кормосуміші при мінімальних витратах енергії й кормових ресурсів. Виконання цих вимог є необхідною умовою підвищення продуктивності тварин, покращення економічних

показників господарства та ефективного функціонування сучасних тваринницьких підприємств.

1.3 Огляд сучасних технологій годування ВРХ

У системі годівлі молочної великої рогатої худоби визначальним є встановлення науково обґрунтованих норм споживання поживних речовин, які залежать від віку тварин, їх живої маси, фізіологічного стану та рівня продуктивності. Після визначення потреб у поживних речовинах здійснюють розрахунок раціону, тобто встановлюють оптимальний склад і кількість кормів, що забезпечують необхідну поживність.

Разом з тим, навіть ретельно збалансований раціон не гарантує його повного та рівномірного споживання тваринами. Теоретично можливе індивідуальне годування кожної корови з точним зважуванням і доставкою кормів, однак такий підхід є надто трудомістким і економічно не вигідним. Тому на практиці найчастіше застосовують групування тварин із подібними потребами у поживних речовинах та забезпечують їх однаковим раціоном. Такий спосіб організації процесу отримав назву групового годування.

Залежно від форми, у якій корми надходять до тварин, розрізняють такі системи годівлі:

- роздільне годування, за якого кожен вид корму згодовується окремо;
- частково змішаний раціон, коли частина кормів подається у вигляді суміші, а решта - окремо;
- повністю змішаний раціон, за якого всі компоненти подаються у вигляді однорідної кормосуміші.

Існують різні способи доставки та роздачі кормів тваринам, серед яких виділяють:

- застосування мобільних машин - самохідних або агрегованих із трактором;
- використання стаціонарних установок, що включають транспортери різних типів;

- комбінований спосіб, за якого доставка кормів до тваринницького приміщення здійснюється мобільними засобами, а розподіл уздовж фронту годівлі - стаціонарними системами;
- пересувні технічні засоби з обмеженою свободою переміщення.

Початковим етапом автоматизації процесів годівлі стало впровадження стаціонарних змішувачів, призначених для подрібнення та перемішування грубих кормів. Подальшим розвитком цього напрямку стало створення мобільних міксерів-кормороздавачів, які забезпечують не лише подрібнення та змішування об'ємних кормів із концентратами, але й безпосередню їх роздачу тваринам. Використання кормосумішей дозволяє механізувати процес годівлі, підвищити продуктивність корів за рахунок кращої засвоюваності кормів, а також усунути вибіркове поїдання окремих компонентів і суттєво зменшити втрати кормів.



Рисунок 1.2 – Класифікація роздавачів кормів

Широкого поширення набули кормороздавачі-змішувачі з ваговим дозуванням, які забезпечують високу точність формування раціонів. Сьогодні

виробляється значна кількість конструктивних рішень таких машин: самохідні, причіпні та стаціонарні; з вертикальними або горизонтальними робочими органами; машини, що поєднують подрібнення та змішування, або лише перемішування; з навантажувальними пристроями чи без них.

Для індивідуального нормованого згодовування концентрованих кормів, молока або замінників цільного молока широко застосовуються стаціонарні кормові станції. У таких системах кожна тварина ідентифікується за допомогою електронного респондера, а подача корму здійснюється порційно відповідно до заданої програми. Кормові станції розміщують у секціях біля боксів для відпочинку, у проходах або на спеціально обладнаних майданчиках. Їх використання дозволяє вести точний індивідуальний облік споживання кормів і раціонально використовувати площу корівника без необхідності поділу стада на групи за типом годівлі.

Для індивідуальної дозованої годівлі корів також розроблені автоматичні підвісні кормовагоні, здатні роздавати як концентровані, так і грубі корми або їх суміші. Такі машини переміщуються вздовж корівника по монорейковій системі, закріпленій на стелі. Приготування кормосумішей здійснюється у стаціонарному міксері, а завантаження - за допомогою транспортерів або навантажувачів. Компоненти суміші надходять до міксера з окремих бункерів.

Однозначно визначити універсально найкращу технологію годівлі неможливо. Вибір конкретного технічного рішення залежить від комплексу об'єктивних та суб'єктивних чинників, включаючи розміри ферми, рівень механізації, структуру стада та кваліфікацію персоналу. Навіть найсучасніші автоматизовані системи не забезпечать очікуваного ефекту без наявності підготовлених фахівців, здатних грамотно управляти технологічними процесами у тваринництві.

1.4 Висновок з розділу

У результаті аналізу сучасного стану тваринництва та кормовиробництва в Україні встановлено, що галузь перебуває у складних економічних умовах, пов'язаних зі скороченням поголів'я великої рогатої худоби, зростанням

собівартості продукції та недостатнім рівнем матеріально-технічного забезпечення господарств.

Встановлено, що сучасне кормовиробництво України характеризується скороченням площ кормових культур, недостатнім розвитком лукопасовищного напрямку та високою залежністю від стану тваринницької галузі. Значну роль у забезпеченні ефективної годівлі відіграє використання сучасних технологій приготування кормових сумішей та впровадження засобів механізації технологічних процесів.

Аналіз основних вимог до приготування кормів показав, що кормосуміш повинна бути однорідною, збалансованою за поживними речовинами, мати оптимальну структуру та забезпечувати мінімальні втрати кормів під час приготування і роздавання. Особливо важливим є забезпечення якісного подрібнення та рівномірного змішування компонентів повнораціонних кормових сумішей.

Розгляд сучасних технологій годівлі ВРХ показав, що найбільш ефективними є системи з використанням мобільних міксерів-кормороздавачів, які поєднують процеси завантаження, подрібнення, змішування та роздавання кормів. Використання таких машин дозволяє підвищити точність дозування кормових компонентів, зменшити втрати кормів і покращити ефективність використання кормових ресурсів.

На основі проведеного аналізу встановлено доцільність удосконалення технологічної лінії приготування кормів на фермі великої рогатої худоби шляхом модернізації міксера-кормороздавача з метою підвищення якості змішування кормів, зниження енерговитрат та покращення ефективності процесу годівлі тварин.

2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ ТА РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

2.1 Вихідні дані для розрахунку

За основу розрахунку приймаємо сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю ТОВ «Дружба-Казначейка» є багатогалузевим аграрним підприємством, основною діяльністю якого є виробництво сільськогосподарської продукції рослинництва та тваринництва.

Кількість дійного стада складає – 420 голів, а загалом на фермі 1000 голів худоби, які виробляють близько 8 тонн молока на добу.

Підприємство використовує українську чорно-рябу породи. Потреба в кормах для цієї породи наведена в таблиці 2.1.

2.2 Розрахунок раціону годівлі

Таблиця 2.1. Раціон годівлі чорно-рябої породи корів, кг/гол на добу [8]

№	Показник	Технологічна група			
		корови	нетелі	телята	молодняк
1	Силос	16,0	4,6	1,9	3,6
2	Сінаж	13,2	7,9	4,4	7,9
3	Сіно	4,2	2,8	0,4	1,1
4	Буряки	4,4	2,5	0,6	1,1
5	Комбікорм	1,6	0,4	0,7	0,8

Добова потреба в кормі визначається за формулою [8]:

$$G_i = 10^{-3} \sum_{j=1}^n g_{ij} m_j, \text{ т};$$

де m_j – кількість голів в j -й групі, гол.;

g_{ij} – норма i -го корму для однієї тварини в j -й групі, кг/гол.;

n – кількість груп корів, що утримується на фермі.

Порахуємо необхідну кількість кормів для дійних корів на фермі.

Необхідна кількість силосу:

$$G_{\text{силос}} = 10^{-3} \cdot 16 \cdot 420 = 6,72 \text{ т}$$

Необхідна кількість сінажу:

$$G_{\text{сінаж}} = 10^{-3} \cdot 13,2 \cdot 420 = 5,54 \text{ т}$$

Необхідна кількість сіна:

$$G_{\text{сіно}} = 10^{-3} \cdot 4,2 \cdot 420 = 1,76 \text{ т}$$

Необхідна кількість буряки:

$$G_{\text{буряк}} = 10^{-3} \cdot 4,4 \cdot 420 = 1,85 \text{ т}$$

Необхідна кількість комбікорму:

$$G_{\text{комбік.}} = 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 420 = 0,67 \text{ т}$$

Загальна кількість комбікорму на добу для корів:

$$G_{\text{заг.доб.}} = 6,72 + 5,54 + 1,76 + 1,85 + 0,67 = 16,54 \text{ т}$$

Визначимо необхідну добову кількість корму для інших технологічних груп. Визначимо потребу в кормах для нетелів.

Необхідна кількість силосу:

$$G_{\text{силос}} = 10^{-3} \cdot 4,6 \cdot 108 = 0,49 \text{ т}$$

Необхідна кількість сінажу:

$$G_{\text{сінаж}} = 10^{-3} \cdot 7,9 \cdot 108 = 0,85 \text{ т}$$

Необхідна кількість сіна:

$$G_{\text{сіно}} = 10^{-3} \cdot 2,8 \cdot 108 = 0,3 \text{ т}$$

Необхідна кількість буряки:

$$G_{\text{буряк}} = 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 108 = 0,27 \text{ т}$$

Необхідна кількість комбікорму:

$$G_{\text{комбік.}} = 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 108 = 0,04 \text{ т}$$

Загальна кількість комбікорму на добу для нетелів:

$$G_{\text{заг.доб.}} = 0,49 + 0,85 + 0,3 + 0,27 + 0,04 = 1,95 \text{ т}$$

Визначимо потребу в кормах для телят.

Необхідна кількість силосу:

$$G_{\text{силос}} = 10^{-3} \cdot 1,9 \cdot 209 = 0,4 \text{ т}$$

Необхідна кількість сінажу:

$$G_{\text{сінаж}} = 10^{-3} \cdot 4,4 \cdot 209 = 0,92 \text{ т}$$

Необхідна кількість сіна:

$$G_{\text{сіно}} = 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 209 = 0,08 \text{ т}$$

Необхідна кількість буряки:

$$G_{\text{буряк}} = 10^{-3} \cdot 0,6 \cdot 209 = 0,12 \text{ т}$$

Необхідна кількість комбікорму:

$$G_{\text{комбік.}} = 10^{-3} \cdot 0,7 \cdot 209 = 0,15 \text{ т}$$

Загальна кількість комбікорму на добу для телят:

$$G_{\text{заг.доб.}} = 0,4 + 0,92 + 0,08 + 0,12 + 0,15 = 1,67 \text{ т}$$

Визначимо потребу в кормах для молодняку.

Необхідна кількість силосу:

$$G_{\text{силос}} = 10^{-3} \cdot 3,6 \cdot 320 = 1,15 \text{ т}$$

Необхідна кількість сінажу:

$$G_{\text{сінаж}} = 10^{-3} \cdot 7,9 \cdot 320 = 2,53 \text{ т}$$

Необхідна кількість сіна:

$$G_{\text{сіно}} = 10^{-3} \cdot 1,1 \cdot 320 = 0,35 \text{ т}$$

Необхідна кількість буряки:

$$G_{\text{буряк}} = 10^{-3} \cdot 1,1 \cdot 320 = 0,35 \text{ т}$$

Необхідна кількість комбікорму:

$$G_{\text{комбік.}} = 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 320 = 0,26 \text{ т}$$

Загальна кількість комбікорму на добу для нетелів:

$$G_{\text{заг.доб.}} = 1,15 + 2,53 + 0,35 + 0,35 + 0,26 = 4,64 \text{ т}$$

Визначимо річну потребу в кормах для кожної групи. Результат розрахунку занесемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Річна потреба в кормах для різних технологічних груп в тоннах.

№	Показник	Технологічна група (за рік)				Всього
		корови	нетелі	телята	молодняк	
1	Силос	2452,8	178,9	146	419,8	3197,5
2	Сінаж	2022,1	310,3	335,8	923,5	3591,5
3	Сіно	642,4	109,5	29,2	127,8	909
4	Буряки	675,3	98,6	43,8	127,8	945,5
5	Комбікорм	244,6	14,6	54,8	94,9	408,9
6	Всього за рік	6037,2	711,9	609,6	1693,8	9052,5

2.3 Визначення продуктивності лінії змішування і роздавання кормів

Необхідна циркуляційна продуктивність шнека визначається за формулою:

$$Q_{\text{потр}} = \frac{60 \cdot M \cdot k_n}{t_{\text{см}}}$$

де M – маса однієї порції, $M = 3,3$ т;

k_n – кратність перекидання корму шнеком, $k_n = 8$ разів;

$t_{\text{зм}}$ – час змішування, $t_{\text{см}} = 6,5$ хв.

Підставляємо значення в формулу:

$$Q_{\text{потр}} = \frac{60 \cdot 3,3 \cdot 8}{6,5} = 243,7 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Площа кільцевого перерізу між зовнішнім діаметром:

$$F = \frac{\pi}{4} (D_{\text{ср}}^2 - d^2)$$

$$F = \frac{3,14}{4} (1^2 - 0,28^2) = 0,723 \text{ м}^2$$

Теоретична пропускна здатність шнека визначається за формулою:

$$Q_{\text{теор}} = 60 \cdot \rho \cdot F \cdot S \cdot n \cdot \varphi$$

де ρ – густина кормової суміші, з попереднього розділу $\rho = 0,559$ т/м³;

φ – коефіцієнт заповнення змішувача, з попереднього розділу $\varphi = 0,66$;

S – крок спіралі, з технічної характеристики приймаємо $S = 0,45$ м;

$$Q_{\text{теор}} = 60 \cdot 0,559 \cdot 0,723 \cdot 0,45 \cdot 25 \cdot 0,66 = 180 \text{ т/год}$$

2.4 Розрахунок необхідної кількості мобільних кормороздавачів

Для мобільного роздавача кормів вантажопідйомність розраховується за формулою:

$$G_p = V_6 \cdot \beta_3 \cdot \rho,$$

де V_6 – місткість бункера, для роздавача кормів, для КСП-10 $V_6 = 10 \text{ м}^3$;

β_3 – коефіцієнт заповнення бункера, $\beta_3 = 0,9$;

ρ – густина кормової суміші, т/м^3 .

Густина кормової суміші визначається за формулою:

$$\rho = \frac{G_{\text{раз.1}} \cdot \rho_1 + G_{\text{раз.2}} \cdot \rho_2 + \dots + G_{\text{раз.i}} \cdot \rho_i}{\sum G_{\text{раз}}},$$

де $G_{\text{раз.1}}, G_{\text{раз.2}}, G_{\text{раз.i}}$ – маса кожного компонента кормової суміші, т;

ρ_1, ρ_2, ρ_i – густина кожного компонента кормової суміші, т/м^3 ;

Значення густин беремо з джерел [9,10]. Густина силосу – 700 кг/м^3 , сінажу – 500 кг/м^3 ; сіна – 180 кг/м^3 ; кормових буряків – 650 кг/м^3 ; комбікорм – 600 кг/м^3 .

Тоді:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{3197,5 \cdot 0,7 + 3591,5 \cdot 0,5 + 909 \cdot 0,18 + 945,5 \cdot 0,65 + 408,9 \cdot 0,6}{9052,5} = \\ &= 0,559 \text{ т/м}^3 \end{aligned}$$

Підставляємо значення в формулу:

$$G_p = 10 \cdot 0,9 \cdot 0,559 = 5,03 \text{ т}$$

Оскільки, за технічними умовами [3], загальна маса кормосуміші в бункері має бути не більшою 3,3 т, то при даному типі суміші необхідно не повністю заповнювати бункер.

Визначимо об'єм бункера, який можна заповнити:

$$V_6^{\text{лім}} = \frac{3,3}{0,9 \cdot 0,559} = 6,56 \text{ м}^3$$

Кількість рейсів, які може виконати один кормороздавач визначається за формулою [8]:

$$i_{\text{ц}} = \frac{T_p}{t_{\text{ц}}},$$

де T_p – час, необхідний на роздавання кормів, $T_p = 1$ год.;

$t_{\text{ц}}$ – час, що необхідний на виконання одного циклу роздавання, год.;

$$t_{\text{ц}} = (t_x + t_3 + t_m + t_p) \cdot K_o,$$

де t_3 – час, необхідний на завантаження кормороздавача, $t_3 = 0,2$ год.;

t_x – час, необхідний на переміщення порожнього роздавача, год.;

t_m – час, необхідний на переміщення завантаженого роздавача, год.;

t_p – час, необхідний на роздавання кормів, год.;

K_o – коефіцієнт, що враховує необхідні витрати часу на зупинки, повороти, розвороти і т.д., $K_o = 1,2$.

Час, що необхідний на переміщення порожнього роздавача визначається за формулою:

$$t_x = \frac{L}{V_x},$$

де L – довжина транспортування, $L = 0,06$ км (згідно плану підприємства);

V_x – швидкість пересування порожнього роздавача, $V_x = 18$ км/год.

Підставляємо данні:

$$t_x = \frac{0,06}{18} = 0,0033 \text{ год.}$$

Час, що необхідний на транспортування завантаженого роздавача визначається за формулою:

$$t_m = \frac{L}{V_m},$$

де V_m – швидкість пересування заповненого роздавача, $V_m = 5$ км/год.

Тоді:

$$t_m = \frac{0,06}{5} = 0,012 \text{ год.}$$

Час, необхідний на роздавання кормів визначається за формулою:

$$t_p = \frac{G_p}{Q_p},$$

де G_p – максимальна допустима вага суміші в бункері, $G_p = 3,3$ т;

Q_p – продуктивність роздавача кормів, $Q_p = 24$ т/год; [3]

Підставляємо значення в формулу:

$$t_p = \frac{3,3}{24} = 0,14 \text{ год}$$

Підставляємо отримані значення в формулу (2.5):

$$t_{\text{ц}} = (0,0033 + 0,2 + 0,012 + 0,14) \cdot 1,2 = 0,426 \text{ год}$$

Підставляємо отримані значення в формулу (2.4):

$$i_{\text{ц}} = \frac{1}{0,426} = 2,35 \text{ шт.}$$

Загальна кількість рейсів визначається за формулою:

$$i_3 = \frac{G_{\text{раз}}}{G_p},$$

де $G_{\text{раз}}$ – разова норма видачі кормів на фермі, т;

Разову норму видачі можна визначити умовно поділивши денну потребу корму на три частини. Приймаємо $G_{\text{раз}} = 8,27$ т, тоді:

$$i_3 = \frac{8,27}{3,3} = 2,5 \text{ од.}$$

Необхідна кількість роздавачів кормів визначається за формулою:

$$n_p = \frac{i_3}{i_{\text{ц}}},$$

$$n_p = \frac{2,5}{2,35} = 1,06 \text{ од.}$$

Значення округлюємо в більшу сторону, отже приймаємо, що загальна необхідна кількість роздавачів кормів складає 2 одиниці.

2.5 Складання технологічної схеми процесу роздавання кормів

Технологічна схема (Рис.2.1) приготування та роздавання повнораціонної кормосуміші для великої рогатої худоби включає послідовність операцій із доставки, підготовки, змішування та роздавання кормових компонентів. Основною метою цієї технологічної лінії є забезпечення рівномірного змішування кормових інгредієнтів та їх своєчасна подача до тварин.

На першому етапі здійснюється доставка та зберігання елементів кормосуміші. До складу кормосуміші можуть входити силос, сінаж, сіно, концентровані корми та інші кормові добавки. Сировина доставляється до кормового майданчика або складів за допомогою транспортних засобів. (тракторів з причепами, вантажних автомобілів тощо) та зберігається у відповідних сховищах, траншеях або буртах.

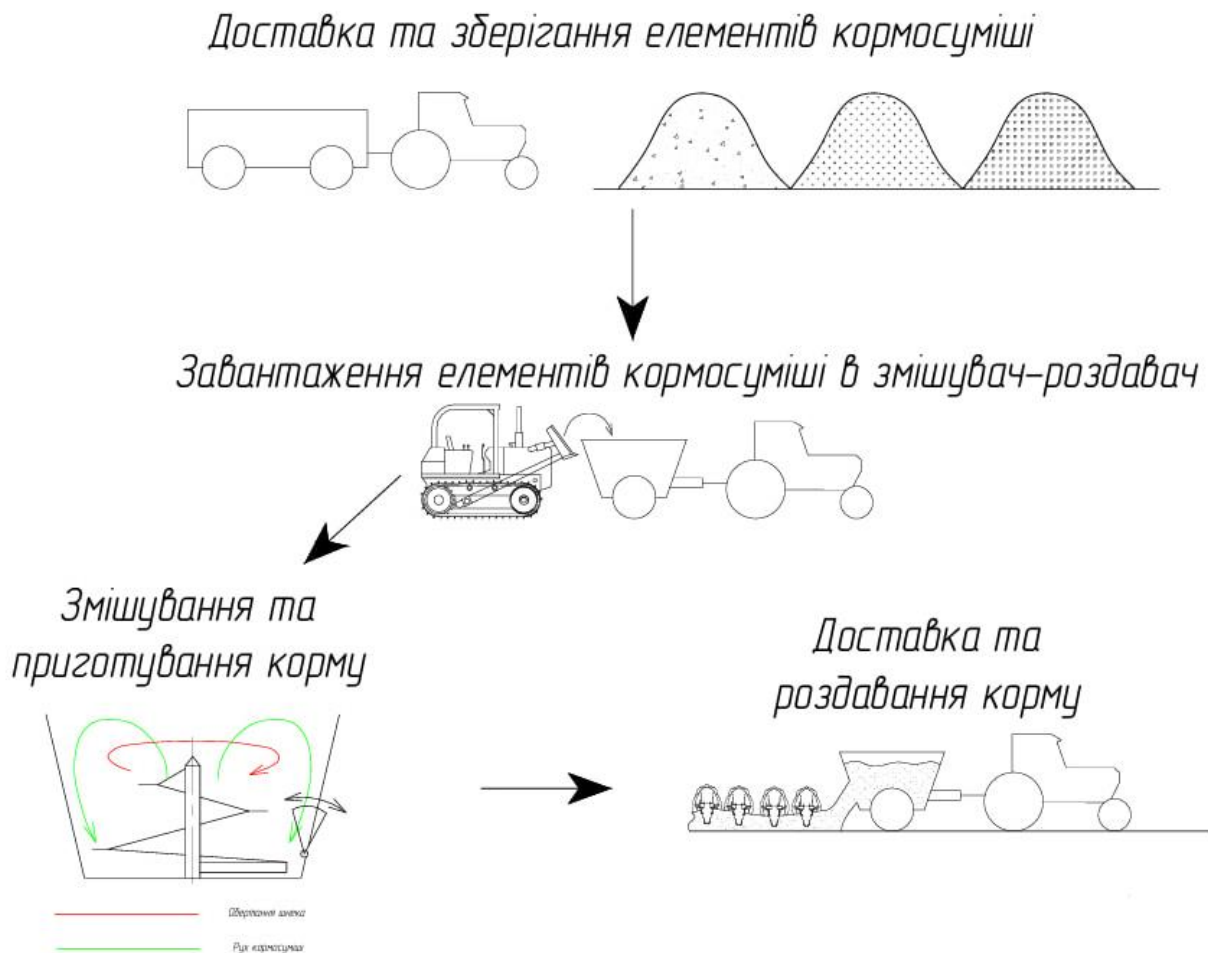


Рисунок 2.1 – Технологічна схема до процесу роздавання кормів мобільний кормороздавачем «Брацлав» КСП-10

Другим етапом технологічного процесу є завантаження компонентів кормосуміші у змішувач-роздавач. Завантаження здійснюється за допомогою навантажувальної техніки, наприклад фронтального або телескопічного навантажувача чи трактором з ковшем. Компоненти корму подаються в бункер

кормозмішувача у певній послідовності відповідно до встановленого раціону годівлі тварин.

Наступним етапом є змішування та приготування кормосуміші. У бункері змішувача-роздавача встановлений вертикальний шнек з ножами, який під час обертання здійснює подрібнення та перемішування кормових компонентів. У процесі роботи шнек захоплює кормову масу з нижньої частини бункера і переміщує її вгору по гвинтовій поверхні. Під дією сили тяжіння корм опускається вниз по стінках бункера, утворюючи циркуляційний рух маси. Завдяки багаторазовому повторенню цього процесу відбувається рівномірне перемішування компонентів та формування однорідної кормосуміші.

Заключним етапом є доставка та роздавання корму тваринам. Після завершення процесу змішування кормозмішувач-роздавач транспортує приготовлену кормову суміш до тваринницького приміщення. Під час руху агрегату вздовж кормового проходу здійснюється дозоване вивантаження корму в годівниці або на кормовий стіл. Роздавання відбувається рівномірно по всій довжині фронту годівлі, що забезпечує одночасний доступ тварин до корму та сприяє підвищенню ефективності їх годівлі.

2.6 Висновок з розділу

У даному розділі було розглянуто основні вимоги до кормів для великої рогатої худоби, а також виконано розрахунок раціону годівлі та визначено потребу господарства в кормах.

На основі прийнятого раціону було визначено добову та річну потребу господарства у кормах для різних технологічних груп тварин. Загальна річна потреба кормів для ферми становить понад 9000 т, що підтверджує значну роль ефективної організації процесу їх приготування та роздавання.

У процесі розрахунків встановлено, що для обслуговування ферми доцільно використовувати мобільні кормозмішувачі-роздавачі типу «Брацлав» КСП-10. Проведені розрахунки показали, що для забезпечення своєчасного роздавання кормів необхідно застосовувати два кормороздавачі даного типу.

Розроблена технологічна схема приготування та роздавання кормосуміші передбачає послідовне виконання операцій доставки і зберігання кормових компонентів, їх завантаження у змішувач-роздавач, подрібнення та змішування, а також транспортування і рівномірне роздавання корму тваринам. Застосування мобільного кормозмішувача забезпечує отримання однорідної повнораціонної кормосуміші, зменшення втрат кормів, підвищення продуктивності праці та ефективності годівлі великої рогатої худоби.

3. РОЗРАХУНОК ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОРМОЗМІШУВАЧА

3.1 Вимоги до кормозмішувача

Кормозмішувач-роздавач є основним елементом технологічної лінії приготування та роздавання кормів на фермах великої рогатої худоби. Його конструкція та робота повинні відповідати ряду технологічних, зоотехнічних, експлуатаційних та економічних вимог.

Кормозмішувач-роздавач повинен забезпечувати приготування однорідної кормосуміші з різних компонентів раціону без погіршення їх поживних властивостей. Конструкція робочих органів повинна забезпечувати ефективне перемішування силосу, сінажу, сіна, коренеплодів, концентрованих кормів та кормових добавок.

Ступінь однорідності кормосуміші повинен забезпечувати рівномірний розподіл усіх компонентів раціону в кожній порції корму. При цьому не допускається розшарування кормосуміші під час транспортування і роздавання.

Подрібнення довговолокнистих кормів повинно здійснюватися до розміру частинок, який забезпечує нормальне функціонування рубця тварин. Довжина частинок грубих кормів після подрібнення повинна становити приблизно 20–50 мм.

Під час роботи кормозмішувача не повинно відбуватися значних втрат корму, а також його забруднення сторонніми домішками.

Кормозмішувач повинен забезпечувати:

- подрібнення грубих і довговолокнистих кормів;
- рівномірне перемішування компонентів кормосуміші;
- точне дозування корму під час роздавання;
- рівномірне розподілення корму вздовж фронту годівлі.

Тривалість приготування кормосуміші повинна бути мінімальною, щоб забезпечити своєчасне годування тварин.

Конструкція машини повинна дозволяти працювати з різними типами кормів: силосом, сінажем, сіном, соломою, коренеплодами, комбікормами та кормовими добавками.

Кормозмішувач-роздавач повинен бути простим у конструкції та надійним у роботі. Машина повинна агрегатуватися з тракторами поширених тягових класів та приводитися в дію від вала відбору потужності.

Конструкція робочих органів повинна забезпечувати довговічність і зручність технічного обслуговування. Всі вузли повинні бути доступними для огляду, регулювання та ремонту.

Маневреність машини повинна забезпечувати можливість її використання в тваринницьких приміщеннях з обмеженою шириною кормових проходів.

Конструкція кормозмішувача повинна забезпечувати мінімальні витрати енергії під час змішування кормів. Робочі органи повинні створювати інтенсивне перемішування кормової маси при відносно невеликій потужності приводу.

Кормозмішувач-роздавач повинен забезпечувати високу продуктивність праці та зниження витрат на приготування і роздавання кормів. Використання такої машини повинно сприяти зменшенню втрат кормів, підвищенню ефективності годівлі та зростанню продуктивності тварин.

Конструкція кормозмішувача повинна відповідати вимогам техніки безпеки. Рухомі частини машини повинні бути закриті захисними кожухами, а органи керування повинні бути зручними та безпечними для обслуговуючого персоналу.

3.2 Аналіз відомих конструкцій та патентів

На фермах великої рогатої худоби широкого застосування набули причіпні бункерні кормороздавачі, привод яких здійснюється від вала відбирання потужності (ВВП) трактора. За умови їх експлуатації ширина кормових проходів повинна становити не менше 2,2 м, а висота задньої стінки годівниць — не перевищувати 0,75 м, що забезпечує безпечне та ефективне пересування агрегатів уздовж фронту годівлі.

Агрегат для навантаження і роздавання кормів ПРК-Ф-0,4-6 (рис.3.1) призначений для виконання навантажувально-розвантажувальних операцій, роздавання кормів, а також для прибирання гною з гнойових проходів і майданчиків на невеликих фермах ВРХ. Конструктивна універсальність агрегату дозволяє поєднувати декілька технологічних операцій в одному робочому циклі.

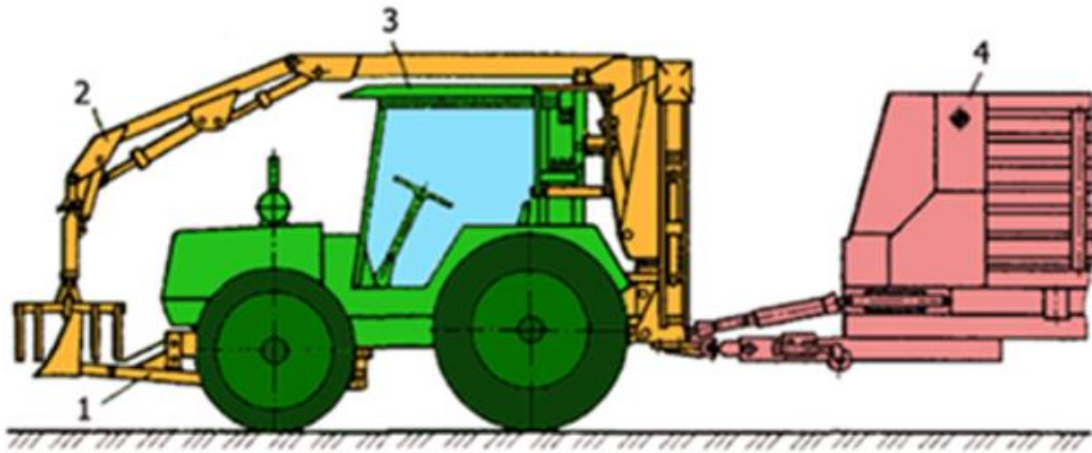


Рисунок 3.1 – Схема роздавача-завантажувача кормів ПРК-Ф-0,4-6: 1 – лопата; 2 – грейферний завантажувач ПГК-Ф-0,4; 3 – трактор; 4 – кормороздавач РММ-Ф-

6

Корми, що роздаються агрегатом ПРК-Ф-0,4-6, повинні бути попередньо подрібненими та відповідати встановленим технологічним вимогам. Допустима вологість кормів становить: для силосу - до 85%, сінажу - 55%, зеленої маси - 80%, грубих кормів - 20%, кормосуміші - до 70%. Частка подрібнених частинок зеленої та прив'яленої маси довжиною до 50 мм має бути не меншою ніж 75 % від загальної маси, а для грубих кормів довжиною до 75 мм - не меншою ніж 90 %.

До основних складових агрегату ПРК-Ф-0,4-6 належать: трактор Т-30ТС, кормороздавач РММ-Ф-6, а також грейферний навантажувач ПГК-Ф-0,4, оснащений бульдозерною лопатою.

Під час виконання операції самозавантаження на перевалочних майданчиках або в силосних траншеях тракторист підводить агрегат до місця накопичення корму, зупиняє його та переводить навантажувач у робоче

положення. Завантаження корму в кузов кормороздавача здійснюють рівномірно по всій площі, залишаючи вільний простір над поперечним конвеєром. Після завершення завантаження навантажувач переводять у транспортне положення, а за необхідності очищують майданчик або дно траншеї від залишків корму за допомогою бульдозерної лопати, яку після цього фіксують у транспортному положенні.

Під час роздавання кормів оператор, під'їхавши до місця годівлі, повинен переконатися, що домкрати навантажувача знаходяться у верхньому крайньому положенні, а стріла - у нижньому положенні по осі трактора. Ексцентрик храпового механізму приводу позовжнього конвеєра кормороздавача встановлюють відповідно до заданої норми роздавання з урахуванням швидкості руху агрегату. Подальше роздавання кормів у годівниці здійснюють згідно з вимогами інструкції з експлуатації кормороздавача.

Агрегат ПРК-Ф-0,4-6 має такі основні технологічні та експлуатаційні параметри. Габаритні розміри у транспортному положенні становлять 9880 × 2430 мм, при цьому ширина агрегату на висоті до 0,6 м змінюється в межах 1505–1835 мм. Дорожній просвіт (кліренс) дорівнює 225 мм. Загальна маса агрегату складає 4480 кг, у тому числі: маса трактора - 1840 кг, кормороздавача - 1610 кг, завантажувача - 896 кг, бульдозерної лопати - 134 кг.

Максимальна швидкість руху агрегату в транспортному режимі становить 16 км/год, тоді як під час виконання операцій з роздавання кормів робоча швидкість знаходиться в межах 1–3 км/год, що забезпечує дотримання заданої норми видачі корму.

Завантажувальний механізм агрегату характеризується вантажопідіймальністю до 400 кг. Тривалість одного робочого циклу завантаження становить близько 40 с, а продуктивність при завантаженні силосу зі сховищ досягає не менше 6 т/год. Максимальна висота підйому корму грейфером складає 4,6 м, максимальний виліт стріли — 3,78 м, а глибина опускання грейфера нижче рівня опорної поверхні — до 1,0 м.

Кут повороту стріли в горизонтальній площині дорівнює 270° , що розширює зону обслуговування агрегату. Об'єм грейфера для сипких матеріалів становить $0,2 \text{ м}^3$. Робочий тиск у гідросистемі завантажувача складає 15 МПа , а радіус дії грейфера на опорній поверхні під час навантажувально-розвантажувальних робіт змінюється в межах $1,84\text{--}4,05 \text{ м}$.

Кормороздавач тракторний універсальний КТУ-10А (рис.3.2) призначений для транспортування та дозованої роздачі кормів безпосередньо під час руху агрегату. Машина забезпечує подачу кормової суміші, подрібненої листостеблової маси кукурудзи, злакових і бобових трав, сіна, силосу, сінажу та інших видів кормів у годівниці або на кормові столи.

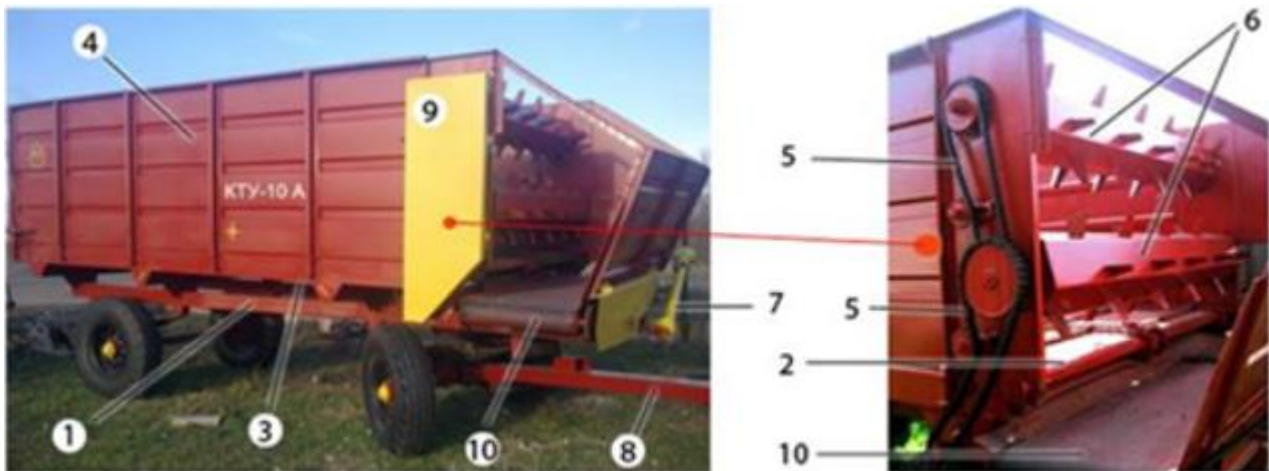


Рисунок 3.2 – Кормороздавач КТУ-10А: 1 – рама; 2 – конвеєр горизонтальний; 3 – дно; 4 – борт; 5 – ланцюг бітерів; 6 – блок бітерів; 7 – вал телескопічний; 8 – дишло; 9 – кожух; 10 – стрічка конвеєра.

КТУ-10А може експлуатуватися в літніх таборах, на вигульних майданчиках та у тваринницьких приміщеннях за умови наявності кормових проходів шириною не менше $2,2 \text{ м}$ та годівниць висотою до $0,75 \text{ м}$. Окрім основного призначення, кормороздавач використовується для обслуговування кукурудзо- та силосозбиральних комбайнів, транспортування різних сільськогосподарських вантажів із розвантаженням через задній борт, а також може виконувати функції живильника-дозатора у складі технологічних ліній приготування кормів і під час завантаження кормосховищ.

Кормороздавач КТУ-10А агрегатується з тракторами тягового класу 1,4 (ПМЗ-80/82, МТЗ-80/80Л, МТЗ-82/82Л) та приводиться в дію від вала відбору потужності (ВВП) трактора. Експлуатація машини здійснюється одним оператором. За конструктивним виконанням КТУ-10А є двовісним тракторним причепом.

До складу кормороздавача входять: ходова частина, рама, кузов, поздовжній і поперечний транспортери, а також блок бітерів. Машина оснащена гальмівною системою, що підвищує безпеку її експлуатації.

Ходова частина складається з передньої та задньої осей, ресорної підвіски, днища та тягово-зчіпного пристрою. Рама має зварну конструкцію і виготовлена з V-подібних гнутих профілів. У верхній частині рами передбачені опори з отворами для кріплення днища. До лонжеронів рами приєднані кронштейни ресор, до яких встановлені напівеліптичні листові ресори, а також передня і задня осі з колесами. Осі виконані зі сталевих труб із звареними цапфами. Кожне колесо обертається на двох конічних роликових підшипниках.

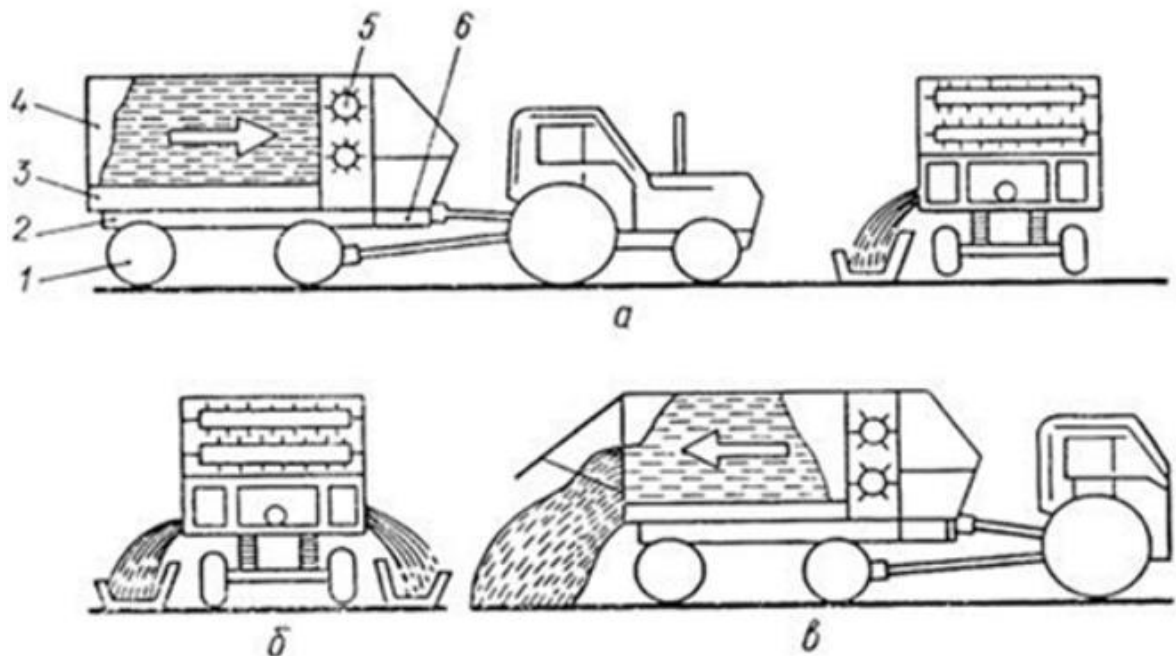


Рисунок 3.3 – Технологічна схема агрегування кормороздавача КТУ-10А: а – однобічна роздача; б – двобічна; в – розвантаження через задній борт; 1 – колеса; 2 – рама; 3 – транспортер поздовжній; 4 – кузов; 5 – бітер; 6 – транспортер поперечний

Система приводу кормороздавача включає карданний вал, редуктор, проміжний вал і приводи поздовжнього та поперечного транспортерів. Урухомлення поздовжнього транспортера здійснюється за допомогою кривошипно-шатунного та храпового механізмів, що забезпечує зміну довжини ходу і напрямку руху транспортера. Подача корму та напрямок переміщення транспортера визначаються положенням ексцентрикового диска, а також робочої й фіксувальної собачок відносно храпового колеса.

Поздовжній транспортер виконаний у вигляді чотирьох замкнених контурів втулково-роликів ланцюгів з кроком 38 мм або круглоланкових ланцюгів розміром 9×27 мм, до яких приєднані скребки.

Основними робочими органами, що забезпечують вивантаження корму з кузова і подачу його в годівниці, є поздовжній подавальний транспортер, поперечний вивантажувальний транспортер і гребінчасті бітери. Подавальний транспортер планчастого типу розміщений на дні кузова.

Вивантажувальний транспортер стрічкового типу встановлений на рамі кормовивантажувального пристрою в передній частині кузова. Для подавання корму у високі годівниці кормороздавач може додатково комплектуватися похилим транспортером. Натяг стрічки транспортера регулюється за допомогою гвинтового натяжного механізму. Допустимий прогин нижньої вітки поздовжнього транспортера повинен становити 60-80 мм.

Регулювання норми видачі кормів здійснюється кривошипно-шатунним механізмом із храповим колесом. Для встановлення необхідної норми фіксатор кожуха храпового колеса встановлюють у відповідне положення згідно з регулювальною шкалою. При цьому кормороздавач зупиняють шляхом вимкнення ВВП трактора. Під час роботи з роздаванням корму на два боки норма видачі на один бік зменшується вдвічі порівняно з роботою на один бік.

Для двосторонньої роздачі кормів встановлюють додатковий транспортер і знімають заслінку з лівого вікна вивантажувального транспортера. У разі односторонньої роздачі корм подається лише на правий бік, для чого два полотна вивантажувального транспортера замінюють одним і відповідно переставляють

приводний ланцюг. Натяг ланцюгів поздовжнього транспортера, а також стрічок вивантажувального і допоміжного транспортерів регулюється за допомогою натяжних гвинтів.

Завантаження кормів у кузов кормороздавача здійснюється за допомогою навантажувачів або конвеєрних систем. Після доставки агрегату до місця годівлі оператор вмикає вал відбору потужності трактора, після чого кормороздавач, рухаючись уздовж годівниць, здійснює дозовану подачу кормів на один або два боки залежно від обраної схеми роздавання.

У процесі роботи поздовжній транспортер переміщує кормову масу до бітерів, які виконують функцію її розпушування та рівномірного скидання на поперечні транспортери. Останні забезпечують подачу корму безпосередньо у годівниці вздовж фронту годівлі.

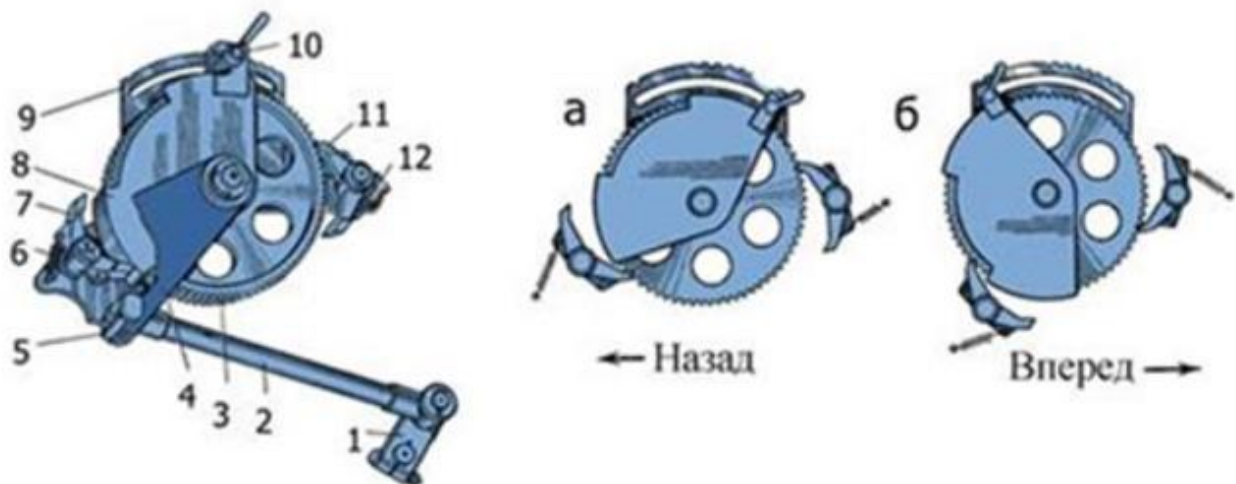


Рисунок 3.4 – Механізм поперечного конвеєра (кулісний) КТУ-10А: 1 – кривошип механізму; 2 – шатун; 3 – колесо зубчате; 4 – щочки; 5 – пальці; 6, 12 – пружини; 7, 11 – засувка приводу; 8 – захисний кожух; 9 – пристрій для фіксації захисного кожуха; 10 – фіксатор; а — положення механізму під час зворотного ходу конвеєра; б — положення механізму під час прямого (поступального) ходу конвеєра.

Привід поздовжнього транспортера реалізований за допомогою шатунно-храпового механізму, який дозволяє регулювати норму видачі кормів (рис.3.4). За один оберт вала нижнього бітера шатун здійснює подвійний робочий хід - прямий

і зворотний. Робоча собачка, перебуваючи в зачепленні з храповим колесом, повертає його на визначений кут. Оскільки храпове колесо жорстко з'єднане з валом позовжнього транспортера, його поворот забезпечує відповідне переміщення кормової маси у напрямку бітерів.

Регулювання подачі корму здійснюється шляхом зміни положення ексцентрикового диска. Поворот ексцентрика проти годинникової стрілки частково перекриває зубці храпового колеса, унаслідок чого собачка повертає його на менший кут, що призводить до зменшення подачі позовжнього транспортера. Норма видачі корму може змінюватися в межах 6-72 кг на 1 м довжини годівниці шляхом регулювання подачі транспортера та робочої швидкості руху агрегату, яка зазвичай становить 1,7-2,6 км/год.

Один оператор, керуючи трактором тягового класу 1,4 кН, агрегатованим із кормороздавачем КТУ-10А, здатний обслуговувати 400–800 голів великої рогатої худоби, що свідчить про високу експлуатаційну продуктивність машини.

Порівняно з базовою моделлю КТУ-10, кормороздавач КТУ-10А має вдосконалену конструкцію блоку бітерів і його приводу, що дозволило підвищити подачу корму на 13 %. Крім того, витрати на технічне обслуговування зменшені на 7 %, а загальна металоємність конструкції знижена на 18 %, що позитивно впливає на економічну ефективність його використання.

Під час експлуатації кормороздавача з додатковим похилим конвеєром кут його нахилу регулюється шляхом зміни довжини підтримувального ланцюга залежно від висоти годівниць. У передній частині кузова розміщені бітери, призначені для розпушування кормової маси та забезпечення її рівномірного подавання на поперечний конвеєр. Кормороздавач оснащений колодковими гальмами з гідравлічним приводом, а також стоянковим гальмом, що підвищує безпеку під час експлуатації.

Робочий процес кормороздавача здійснюється у такій послідовності. Завантаження кормів у кузов виконується за допомогою навантажувачів або конвеєрних систем. Після доставки агрегату до місця годівлі оператор вмикає вал відбору потужності трактора, і кормороздавач, рухаючись уздовж годівниць,

здійснює дозовану роздачу корму на один або два боки залежно від обраної схеми роботи.

У процесі роздавання поздовжній конвеєр транспортує кормову масу до бітерів, які її розпушують та спрямовують на поперечні конвеєри. Поперечні конвеєри, у свою чергу, подають корм безпосередньо в годівниці вздовж усього фронту годівлі.

Привід поздовжнього конвеєра реалізований за допомогою шатунно-храпового механізму, який забезпечує регулювання норми видачі корму. За один оберт вала нижнього бітера шатун здійснює подвійний хід — прямий і зворотний. Робоча собачка, перебуваючи в зачепленні з храповим колесом, повертає його на певний кут. Оскільки храпове колесо жорстко з'єднане з валом поздовжнього конвеєра, його поворот спричиняє відповідне переміщення корму у напрямку бітерів.

Зміна положення ексцентрикового диска дозволяє регулювати подачу корму: при повороті ексцентрика проти годинникової стрілки частина зубців храпового колеса перекривається, унаслідок чого зменшується кут його повороту і, відповідно, подача поздовжнього конвеєра. Норму видачі корму регулюють у межах 6–72 кг на 1 м довжини годівниці шляхом зміни подачі поздовжнього конвеєра та робочої швидкості руху агрегату, яка становить 1,7–2,6 км/год.

Один оператор, керуючи трактором тягового класу 1,4 кН у агрегаті з кормороздавачем КТУ-10А, може обслуговувати 400–800 голів великої рогатої худоби. Порівняно з моделлю КТУ-10, кормороздавач КТУ-10А має вдосконалену конструкцію блоку бітерів і його приводу, що забезпечує збільшення подачі корму на 13 %, зниження витрат на технічне обслуговування на 7 % та зменшення загальної металоємності конструкції на 18 %.

Комбіновані агрегати для приготування та роздавання кормових сумішей, які часто називають «кормоцехами на колесах», належать до найбільш сучасних технічних засобів механізації годівлі великої рогатої худоби. Ці машини забезпечують виконання повного комплексу операцій - подрібнення, змішування та дозованої роздачі кормів - безпосередньо на фермі. У конструкції агрегатів

застосовуються шнеково-ножові робочі органи, що можуть бути розташовані як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах. Залежно від конструктивного виконання розрізняють одно-, дво- та багатовальні змішувачі-кормороздавачі.

Виробництво таких агрегатів вітчизняними підприємствами наразі обмежене (зокрема, ВАТ «Брацлав»), тоді як значну частку ринку займає техніка зарубіжних виробників. Найбільш відомими є машини білоруського виробництва ІСРК-12, «Хозяин», а також продукція провідних світових компаній SEKO, KUHN, SILOKING та інших.

Один із типових комбінованих транспортно-технологічних агрегатів для приготування та роздавання кормових сумішей має таку конструктивну схему, як на рис.1.7. На одно- або двовісному шасі розміщений бункер, у якому встановлений конусоподібний шнековий робочий орган та розвантажувальна горловина. Шнек змонтований широкою основою до днища бункера, а по периметру його гвинтової поверхні закріплені ножі, конструкція та кількість яких можуть змінюватися залежно від призначення машини і типу кормів.

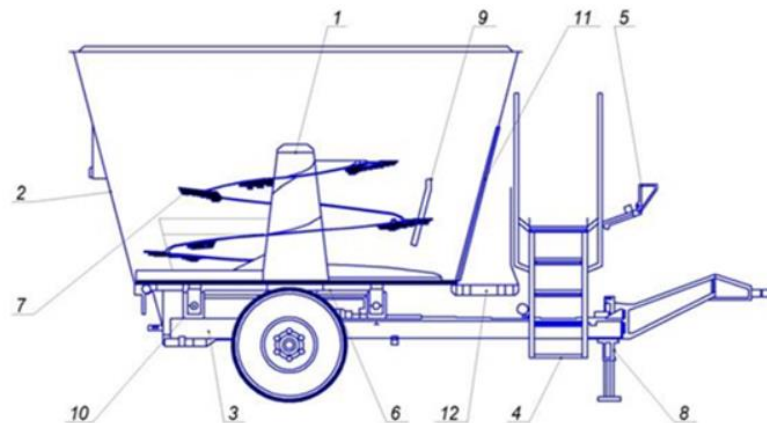


Рисунок 3.5 – Робоча схема комбінованого агрегату для приготування та роздавання кормів: 1 – робочий орган; 2 – бункер; 3 – рама; 4 – драбина; 5 – дисплей; 6 – редуктор; 7 – ножі; 8 – лапа; 9 – протиризальний агрегат; 10 – датчик системи навантаження; 11 – вивантажувальна горловина; 12 – транспортер поперечний.

Агрегат, як правило, агрегатується з трактором і приводиться в дію від його вала відбору потужності. Поряд із причіпними моделями, у практиці тваринництва також застосовуються самохідні змішувачі-кормороздавачі, що мають вищу маневреність і продуктивність.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики фермських комбайнів.

Показники	«Секо»	«Фазерін»	«КУН»	«Валькер»	Квернеленд»
Місткість бункера, м ³	9;11;13;15	5;7;10,5;12	6;8;10	8;10;12;15	10;12
Потужність двигуна, кВт	44 - 59	32 - 51	55 - 70	44 - 66	35 - 60
Маса, кг (залежно від комплектації)	4600 - 6500	3600 - 7200	4400 - 6050	4500 - 7200	4400 - 5800
Габаритні розміри, м:					
- довжина;	5,5-6,8	5,2-7,2	5,7-6,9	5,8-7,6	5,95-6,7
- ширина;	2,3-2,4	1,85-2,42	2,2	2,1-2,5	2,45
- висота;	1,48	1,25-1,5	2,3	1,5-2	1,8

Технологічний процес приготування та роздавання кормових сумішей відбувається таким чином. Кормові компоненти, завантажені в бункер відповідно до заданого раціону, при обертанні шнека інтенсивно подрібнюються ножами і під дією сили тяжіння опускаються до днища бункера. Далі шнек захоплює кормову масу і гвинтовою поверхнею транспортує її у верхню частину бункера. Унаслідок багаторазового повторення цього циклу забезпечуються ефективно подрібнення та рівномірне перемішування всіх компонентів кормової суміші.

Виняток становить зернофураж, який доцільно завантажувати в бункер у попередньо подрібненому вигляді. Ступінь подрібнення кормів і однорідність суміші регулюються тривалістю обробки у змішувачі, що дозволяє адаптувати процес приготування кормів до конкретних умов утримання та годівлі великої рогатої худоби.

Технічні характеристики фермських комбайнів наведені в таблиці 3.1.



Рисунок 3.6 – Кормозмішувач-роздавач «Брацлав КСП-9»

Бункерні причіпні подрібнювачі-змішувачі-кормороздавачі для приготування повнораціонних кормових сумішей пропонує вітчизняне підприємство ТДВ «Брацлав» (рис. 3.6). Зазначені агрегати забезпечують виконання повного комплексу технологічних операцій, а саме: вагове дозування кормових компонентів у процесі завантаження, їх подрібнення та інтенсивне змішування з утворенням гомогенної повнораціонної кормової суміші, подальше транспортування і рівномірну роздачу тваринам.

Підприємством розроблено бункерні причіпні подрібнювачі-змішувачі-роздавачі кормів КСП-9 та КСП-12, які відрізняються місткістю бункера відповідно 9 та 12 м³, що дозволяє адаптувати їх до різної чисельності поголів'я та умов експлуатації на фермах великої рогатої худоби.

Технічні характеристики моделей «Брацлав» наведені в таблиці 3.2.

Фермерський комбайн «Брацлав» з двома шнеками (рис. 3.7) призначений для приготування і роздавання кормових сумішей із широкого спектра компонентів, зокрема зеленої маси, силосу, сінажу, розсипного та пресованого сіна, соломи, комбікормів, брикетованих кормів, а також твердих і рідких кормових добавок. Процеси подрібнення та змішування здійснюються з використанням електронної системи зважування, що забезпечує високу точність формування раціону.

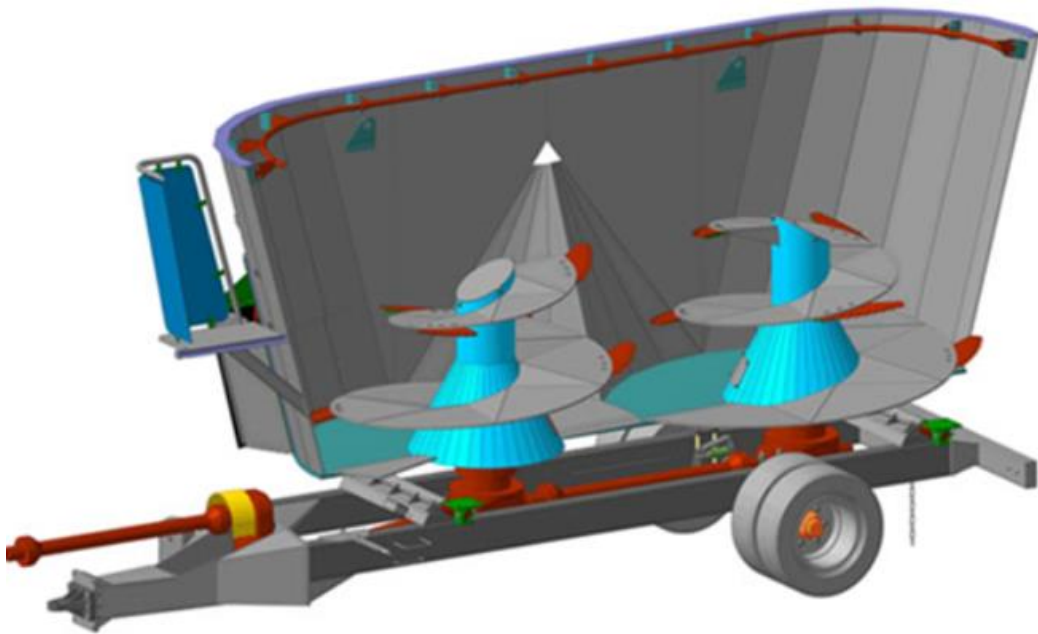


Рисунок 3.7 – Кормозмішувач-роздавач «Брацлав» з подвійним шнеком

Зазначені кормозмішувачі переважно застосовуються на тваринницьких фермах, які спеціалізуються на розведенні великої рогатої худоби, зокрема на молочних фермах, однак можуть ефективно використовуватися також у вівчарстві та свинарстві. Система зважування забезпечує точність дозування компонентів раціону з похибкою до 1 %, що сприяє отриманню однорідної кормової суміші та її рівномірному роздаванню тваринам.

Конструкція кормозмішувачів виконана на основі посиленої рами з бункером місткістю від 6 до 12 м³, з додатковим запасом міцності основних вузлів і агрегатів. Машини комплектуються двома шнеками та адаптовані до реальних умов експлуатації на тваринницьких фермах. Використання в конструкції як

європейських, так і українських комплектувальних забезпечує належну якість, надійність і конкурентоспроможну вартість обладнання.

Таблиця 3.2 Технічні характеристики моделей кормозмішувача «Брацлав»

Найменування	Значення		
Модель	КСП-6	КСП-10	КСП-12
Габаритні розміри, мм:			
Довжина, мм	3950	4240	4400
Висота, мм	2350	2800	2800
Висота вигрузного отвору, мм	780	780	780
Колія, мм	1550	1550	1550
Ширина, мм	2200	2200	2400
Маса завантажованого корму, не більше, кг	2000	3300	4000
Кількість ножів, шт.	5		
Число обертів ВВП, об/хв	540		
Частота обертання шнека, об/хв	25		
Агрегується з трактором тягового класу, кН	1,4		
Обслуговуючий персонал, чол.	1		

Аналогічні за функціональним призначенням агрегати випускає ВАТ «Уманьферммаш», зокрема комбінований агрегат для приготування і роздавання кормових сумішей КРК-11. Дана машина призначена для приготування, транспортування та роздавання кормових сумішей у годівниці або на кормові столи на фермах з утримання великої рогатої худоби, овець і свиней. Як складові раціону можуть використовуватися зелена маса, силос, сінаж, розсипне або пресоване сіно, солома, комбікорми, брикетовані корми, а також тверді й рідкі кормові добавки. Для забезпечення стабільної якості кормосуміші агрегат оснащений електронною системою зважування.

Причіпні міксери-кормороздавачі закордонного виробництва, зокрема компаній SEKO, KUHN та SILOKING, широко застосовуються на тваринницьких фермах з утримання великої рогатої худоби. Їх модельний ряд включає близько десяти типорозмірів причіпних машин, які поєднують функції подрібнення, змішування та вагового дозування кормових компонентів.



Рисунок 3.8 - Робочий процес кормороздавача-міксеру Siloking: а – вигляд зверху; б – завантаження тюкованої маси; в – процес змішування і подрібнення кормів; г – процес роздавання кормів

Як приклад сучасного технічного рішення середнього компактного класу можна навести SILOKING TrailedLine Compact (рис.3.8), який випускається з об'ємом бункера від 7 до 14 м³. Зазначений діапазон місткостей орієнтований на експлуатацію у корівниках із вузькими та низькими кормовими проїздами, що є типовим для багатьох діючих тваринницьких приміщень. Компактна та укорочена ходова частина забезпечує високу маневреність агрегату і полегшує його керування в обмежених просторових умовах.

Конструкція кормороздавача передбачає різноманітні варіанти роздавання корму, що дозволяє адаптувати машину до конкретних умов господарства. Зокрема, можливе встановлення розвантажувальних заслінок з лівого або правого боку, поперечного стрічкового транспортера у передній або задній частині бункера, а також додаткового відкидного транспортера для подавання корму у високі годівниці.

Завдяки оптимізованій геометрії бункера та потужній приводній системі, міксери серії SILOKING Compact забезпечують не лише якісне змішування

стандартних компонентів раціону, але й розпускання рулонів та ефективне подрібнення довговолокнистих кормів, що є важливим чинником при приготуванні повнораціонних кормових сумішей для великої рогатої худоби.

Патент US20100039885A1 «Vertical Feed Mixer» [11]

Цей винахід стосується вертикальних кормозмішувачів, а саме вертикального кормозмішувача, що має гвинтовий змішувальний шнек із рухомим скребком, прикріпленим до його нижнього краю.

Вертикальні кормозмішувачі іноді можуть страждати від проблеми нерівномірності на дні бункера. Коли шнек обертається, частина матеріалу проходить під шнеком у нерівних ділянках, що може призвести до утворення згустку, який перешкоджає належній роботі змішувача та призводить до збільшення потреб у потужності змішування. Тому було б бажано зменшити схильність до утворення згустків у різних кормових сумішах.

На рисунку 3.9 зображено вертикальний кормозмішувач 10 відповідно до одного з варіантів реалізації даного винаходу. Вертикальний змішувач кормів 10 включає бункер 12, змішувальний елемент 14, скребок 16, вихідний конвеєр 18 та опорну раму 20. Бункер 12 може мати будь-яку придатну форму. Наприклад, бункер 12 може мати загалом капсулоподібну форму вздовж горизонтальної площини поперечного перерізу. Бункер 12 може поступово звужуватися по вертикалі від відносно більшої площі поперечного перерізу у верхній частині 22 до відносно меншої площі поперечного перерізу в нижній частині 24. Бункер 12 може також мати інші форми поперечного перерізу замість капсульної форми. Наприклад, бункер 12 може мати в цілому круглий поперечний переріз.

Верхня частина 22 бункера 12 може бути відкритою і може представляти вхідний отвір 26 для подачі кормової суміші для тварин, яка буде змішуватися в бункері 12. Бункер 12 може мати вихід, показаний на 28, який розташований на бічній стінці бункера, показаний на 30, поблизу дна бункера 24. Вихід 30 може бути закритий кришкою 32, яка є рухомою для відкриття виходу 30, щоб дозволити вивантаження змішаної кормової суміші з бункера 12.

Змішувальний елемент 14 розташований у бункері 12 і простягається в основному вертикально вгору від дна бункера 24. Змішувальний елемент 14 може містити вал 34, який простягається в основному вертикально, та гвинтовий елемент 36, який встановлений на валу 34. Гвинтовий елемент 36 може мати будь-яку відповідну конфігурацію. Вал 34 може приводитися в рух двигуном (не показано), розташованим під дном бункера 24, або, як варіант, валом відбору потужності (РТО) (не показано), з'єднаним з трактором.

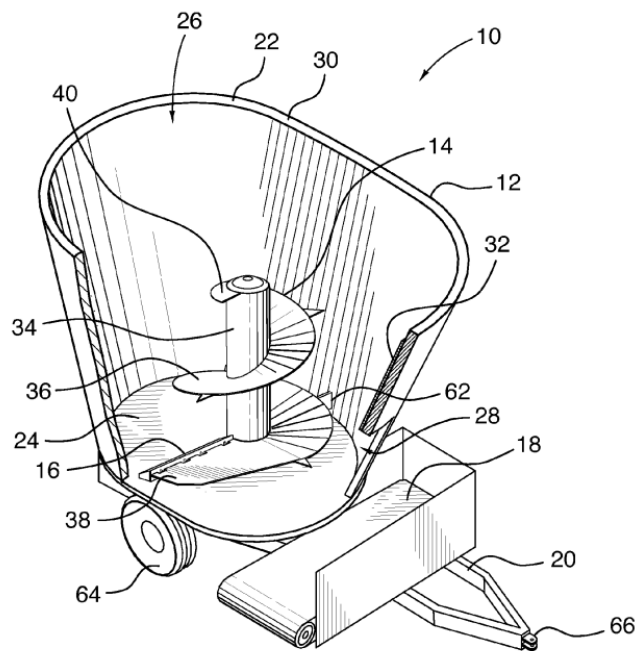


Рисунок 3.9 – Розріз змішувача згідно патенту US20100039885A1:

10 – вертикальний кормозмішувач; 12 – бункер; 14 – змішувальний орган;
 16 – скребок; 18 – вивантажувальний транспортер; 20 – рама; 22 – верхня
 частина бункера; 24 – дно бункера; 26 – завантажувальний отвір; 28 –
 вивантажувальний отвір; 30 – стінка бункера; 32 – заслінка (кришка); 34 – вал
 шнека; 36 – гвинтова поверхня (шнек); 38 – нижній діаметр шнека; 40 – верхній
 діаметр шнека; 42 – нижня (ведуча) кромка шнека; 44 – монтажна пластина; 46
 – пази; 60 – ріжучі ножі на шнеку; 62 – додатковий направляючий елемент; 64 –
 колеса; 66 – зчіпний пристрій;

Скребок 16 сконструйований таким чином, щоб взаємодіяти з композицією корму для тварин у бункері, так що коли змішувальний елемент 14 обертається, композиція корму для тварин у бункері тисне на скребок 16, штовхаючи його до дна бункера 24. Наприклад, скребок 16 може мати передній край 54 і задній край 56, а також може мати верхню поверхню 58, яка нахилена вгору відносно горизонталі від переднього краю 54 до заднього краю 56. Прорізи 46 розташовані так, щоб скребок 16 міг ковзати достатньо далеко вниз, щоб торкнутися дна бункера 24. Скребок 16 може бути виготовлений з будь-якого придатного матеріалу, наприклад, металу або пластику.

Патент CA2566407C «Auger for feed mixer» [12]

Мета шнека полягає в тому, щоб швидко, ефективно та дбайливо переміщувати компоненти раціону від дна змішувальної ємності до верхньої частини лопатей шнека. Іншою метою шнека є виконання цієї операції за менш ніж два повних оберти шнека на 360 градусів.

Ще однією метою шнека є дбайливе змішування крихких компонентів кормової суміші, таких як кукурудза, оброблена паром, без утворення неприйнятної кількості дрібних частинок.

В патенті пропонується шнековий конвеєр для кормів для ємності для змішування кормів (рисунок 3.10).

Шнек 10 складається з верхньої лопаті 12 та нижньої лопаті 14. У типовому варіанті виконання лопаті 12 та 14 вирізаються з листової сталі, а потім пресуються у форму спіралі. Потім гвинтові лопаті розміщують на трубі 22 для установки та кріплення до труби 22. В одному варіанті виконання гвинтові лопаті 12 і 14 зварені між собою, приєднані кінцями вздовж шва 20, і приварені до труби 22. Для виготовлення шнека 10 можна використовувати будь-який матеріал, придатний для шнеків. У типовому варіанті виконання для гвинтових лопатей 12 і 14 можна використовувати сталь AR200.

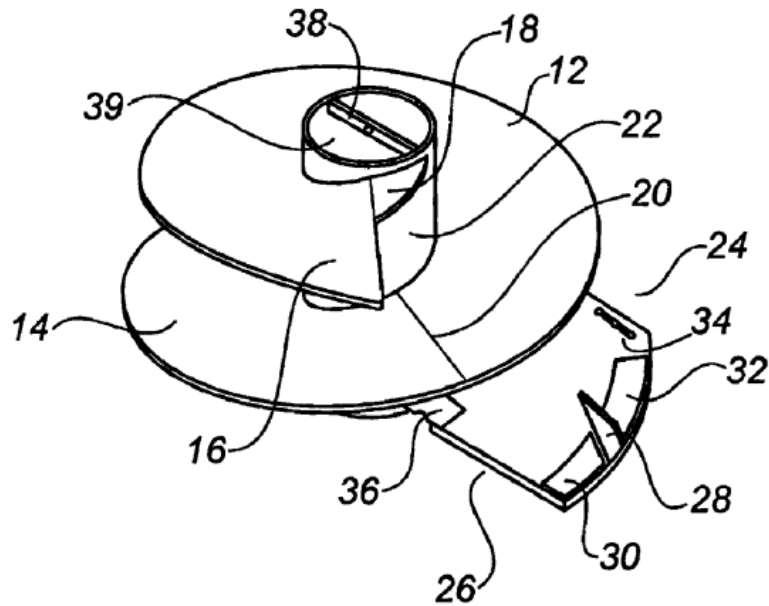


Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд шнека згідно патенту СА2566407С: 10 – шнек кормозмішувача; 12 – верхній виток шнека; 14 – нижній виток шнека; 16 – нижня частина (поверхня) витка; 18 – центральна труба (вал шнека); 20 – піднята (вигнута) частина верхнього витка; 22 – робоча поверхня; 24 – край/контур витка; 26 – ведуча кромка нижнього витка; 28 – кікер; 30 – опорна частина кікера; 32 – вертикальна направляюча пластина; 34 – кріплення кікера/зносостійка пластина; 36 – зона переходу; 38 – монтажна пластина зверху валу; 39 – фіксатор.

Усередині труби 22 розташоване кільце 40. Кільце 40 кріпиться до внутрішньої поверхні труби 22, зазвичай зварюванням, і використовується для кріплення шнека 10 болтами до приводного вузла кормозмішувача (не показано). Над кільцем 40 всередині труби 22 розташована підйомна скоба шнека 38. Підйомна скоба 38 призначена для полегшення підйому шнека 10 під час встановлення у вертикальний кормозмішувач або виймання з нього.

На підйомній скобі 38 розташована контргайка 39. Після встановлення шнека 10 на кормозмішувач на трубу 22 надягають кришку труби шнека (не показано). Кришка труби шнека кріпиться до труби 22 за допомогою болта (не показано) шляхом вкручування болта в контргайку 39.

Метою даного винаходу є створення вертикального змішувача з подачею, який має значно менші вимоги до потужності порівняно зі звичайними змішувачами завдяки наявності «практично прямих ділянок» на периферії шнека. Вертикальний змішувач кормів має змішувальну камеру, що містить практично вертикальний обертовий шнек із загальом спіралеподібним витком, який звужується, збігаючись від низу до верху. Виток має периферію, що складається принаймні з двох практично прямих ділянок, із силовим приводом для обертання зазначеного шнека навколо поздовжньої центральної осі. Камера має принаймні один отвір для прийому та вивантаження корму.

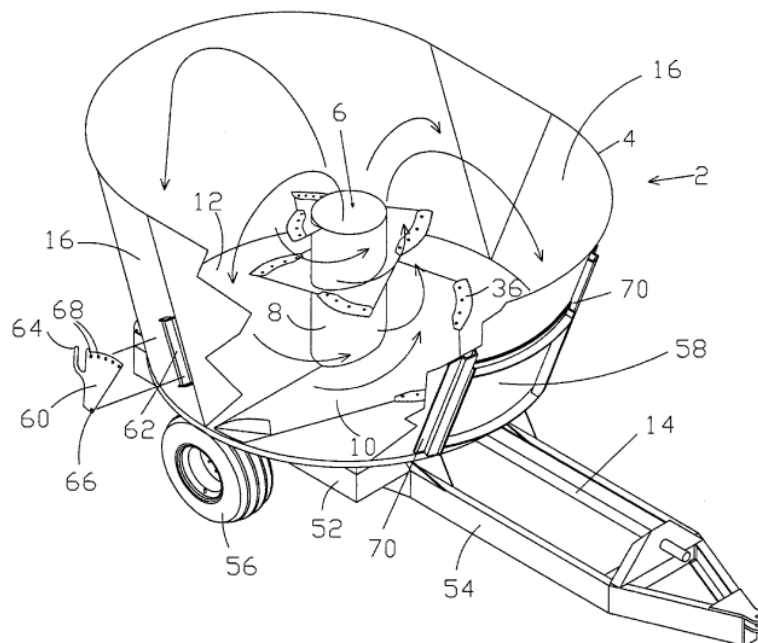


Рисунок 3.11 – Загальний вигляд змішувача згідно патенту US5863122A: 2 – вертикальний кормозмішувач; 4 – змішувальна камера; 6 – шнек; 8 – центральна труба шнека; 10 – гвинтова поверхня шнека; 12 – дно змішувальної камери; 14 – горизонтальний вал приводу; 16 – бокова стінка камери; 36 – горизонтальні ножі; 52 – рама; 54 – дишло; 56 – колесо; 58 – розвантажувальний отвір; 60 – трикутна заслінка; 62 – паз у стінці камери; 64 – ручка заслінки; 66 – вісь або шарнір заслінки; 68 – отвори регулювання заслінки; 70 – напрямні для дверцят/отвору;

На рисунках 3.11 та 3.12 зображені вертикальний змішувач кормів 2 має змішувальну камеру 4, що містить шнек 6. Шнек встановлений вертикально для обертання всередині камери 4. Шнек 6 має центральну трубу 8 зі спіралеподібним витком 10, що простягається від верху зазначеної труби 8 до її основи. Камера змішування 4 має дно 12, а труба 8 простягається через дно 12 до механізму передачі, який з'єднаний з горизонтальним валом 14. Труба 8, механізм передачі та вал 14 є стандартними. Виток 10 збільшується в розмірі від верхньої частини труби 8 до її основи. Трохи вище дна 12 виток 10 бажано має розмір, що дозволяє йому простягатися майже до внутрішньої сторони стінки 16 камери 4. Стінка 16 розходиться від низу до верху.

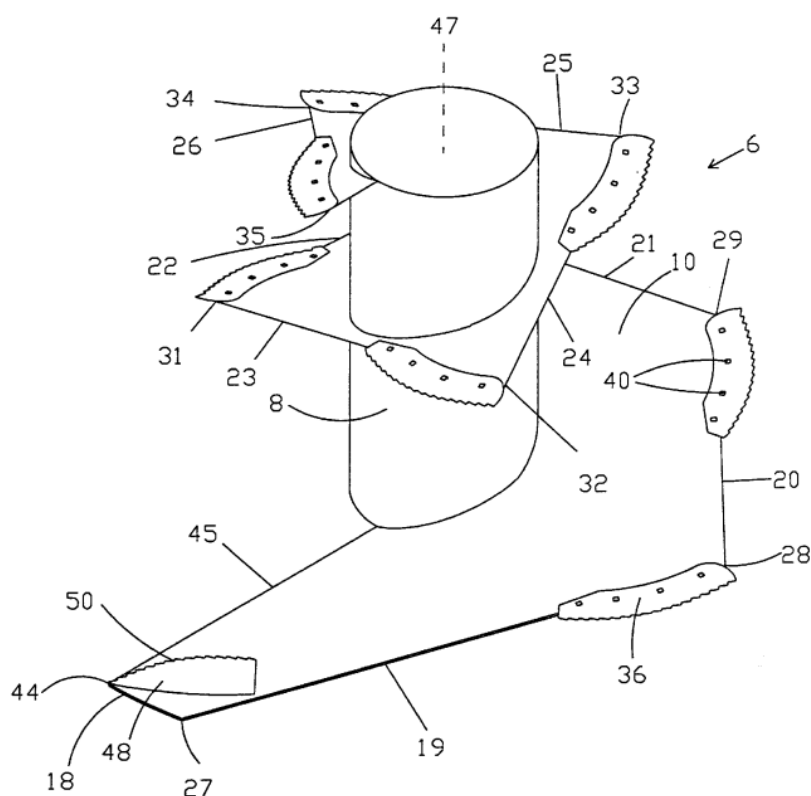


Рис.3.12 – Загальний вигляд шнека згідно патенту US5863122A: 6 – шнек; 8 – центральна труба шнека; 10 – гвинтова поверхня; 47 – центральна вісь обертання; 18 – зовнішня крайка шнека; 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 – прямолінійні ділянки периферії; 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 – кути між ділянками; 36 – горизонтальні ножі; 40 – отвори/кріплення ножів; 44 – зовнішній кінець ведучої кромки; 48 – вертикальний ніж; 50 – зубчаста крайка вертикального ножа.

Кожна практично пряма ділянка має передній кінець та задній кінець відносно напрямку обертання шнека. На рисунку 3.4 шнек обертатиметься за годинниковою стрілкою, якщо дивитися зверху.

З рисунку 3.11 видно, що змішувач 2 має раму 52 з виступом 54 і колесами 56 (зображено лише одне з них). Вал 14 призначений для з'єднання з валом відбору потужності (не показано) трактора (не показано). Камера 4 має випускний отвір 58. Трикутна перегородка 60 встановлена в пазі 62 у стінці 16 камери 4. Перегородка 60 має ручку 64 і встановлена на шарнірі в пазі 62 на основі 66 звичайним способом. Ряд отворів 68 уздовж верхнього краю перегородки 60 відображає ступені проникнення перегородки в камеру 4. Штифт (не показаний) вставляється в один із отворів 68 та в отвір (не показаний) на фланці (не показаний) у стінці 16 камери 4 для фіксації ступеня проникнення перегородки 60 у камеру 4. Коли рукояткою маніпулюють для введення перегородки в камеру на максимальну глибину, отримується суміш (не показано) більш дрібного розміру, ніж та, що утворюється при маніпуляції рукояткою, коли перегородка 60 не проникає в камеру 4. Проміжна грубість суміші є результатом проміжних налаштувань. Рама, язичок, колеса, перегородка, отвір та камера є стандартними.

Хоча шнек 6 здійснює два повних оберти навколо труби 8, інші конструкції шнеків можуть здійснювати більше або менше на два оберти. Інші шнеки можуть мати більший кут або менший кут, або можуть мати менше або більше горизонтальних лопатей. Периферія самого шнека може бути заточена, утворюючи лезо, яке є невід'ємною частиною гвинта. Перевага використання лез, які прикріплені за допомогою заклепок або інших засобів кріплення до гвинта, полягає в тому, що леза можна замінити, коли вони зношуються або пошкоджуються, або їх можна легко заточити, коли вони тупіють.

3.3 Пропоноване вдосконалення міксер-кормороздавача

Описані патенти демонструють різні підходи до вдосконалення вертикальних шнекових змішувачів, однак кожен із них має характерні обмеження. У патенті US5863122A запропоновано шнек із ламаною периферією,

сформованою послідовністю прямих ділянок і кутів, на яких розміщені ножі. Така конструкція дійсно підвищує інтенсивність різання корму та знижує необхідну потужність приводу, проте вона ускладнює виготовлення шнека і призводить до нерівномірного розподілу навантажень. У місцях кутів виникають локальні концентрації напружень і підвищений знос ножів, що зменшує довговічність елементів. Крім того, незважаючи на покращення процесу подрібнення, потік матеріалу залишається неідеальним, і можливе утворення зон застою корму.

У патенті US20100039885 використано більш традиційний підхід із гладкою спіральною поверхнею шнека та додатковими ножами. Така конструкція є технологічно простою та дешевшою у виготовленні, однак має суттєві експлуатаційні недоліки. Основною проблемою є недостатня ефективність різання довговолокнистих матеріалів, зокрема рулонного сіна, яке часто не подрібнюється, а лише обертається разом зі шнеком. Це призводить до зростання енерговитрат і збільшення тривалості змішування. У даному випадку ефективність процесу значною мірою залежить не від геометрії шнека, а від кількості ножів, що не є оптимальним інженерним рішенням.

Патент CA2566407C намагається вирішити проблему різання шляхом збільшення кількості ріжучих елементів і зміни їх конфігурації. Це дозволяє покращити подрібнення корму, однак супроводжується підвищенням опору руху матеріалу та, відповідно, зростанням енергоспоживання. Крім того, велика кількість ножів ускладнює обслуговування, підвищує вартість експлуатації і призводить до більш швидкого зносу. При роботі з різними типами кормів така система не завжди забезпечує рівномірне перемішування, оскільки потік матеріалу залишається недостатньо контрольованим.

Для усунення недоліків розглянутих пристроїв пропонується не лише змінити форму шнека, а й взаємодію матеріалу зі шнеком. Основною особливістю пропонованого вдосконалення є наявність вирізів у гвинтовій поверхні, що зменшують суцільну площу контакту і дозволяють частині матеріалу проходити крізь шнек. Це призводить до зниження опору переміщенню

корму і, відповідно, до зменшення енергоспоживання. Одночасно покращується циркуляція матеріалу всередині камери, що зменшує ймовірність утворення застійних зон і забезпечує більш рівномірне змішування. Ріжучі елементи в цій конструкції працюють ефективніше, оскільки матеріал не накопичується у великих масивах, а постійно перерозподіляється.

Вдосконалений робочий орган зображено на рисунку 3.5.

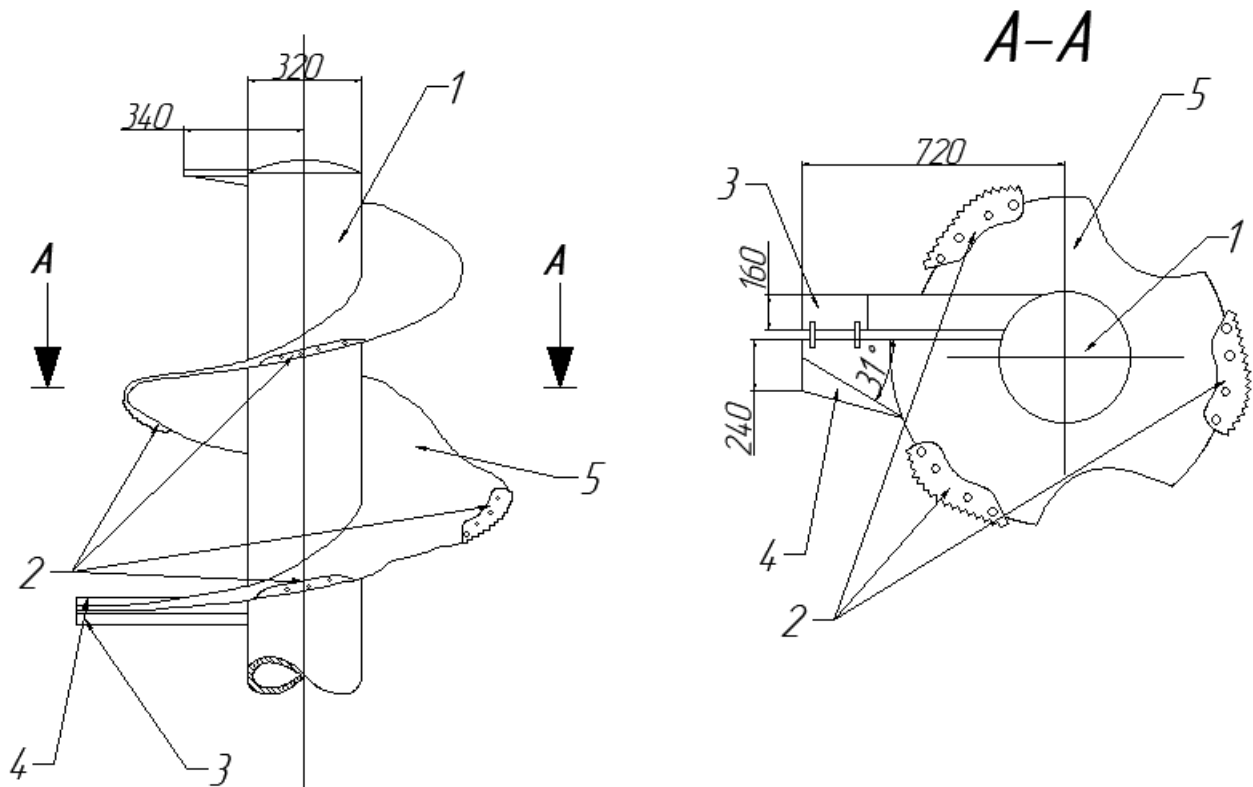


Рисунок 3.13 – Вдосконалений шнек: 1 – вал шнека; 2 – ріжучі елементи; 3 – скребок; 4 – відбійник; 5 – гвинтова поверхня.

Для підвищення надійності та можливості подальшої модернізації шнека, його гвинтова поверхня складається з трьох секцій (рисунок 3.6.). При подальших дослідженнях, вдосконаленнях чи ремонті ці секції можна замінити. Фіксуються сегменти за допомогою пазового з'єднання з натягом. На сегментах болтовим або заклепковим з'єднанням прикріплюються ножі 2. Роз'ємне з'єднання ножів також спрощує ремонт.

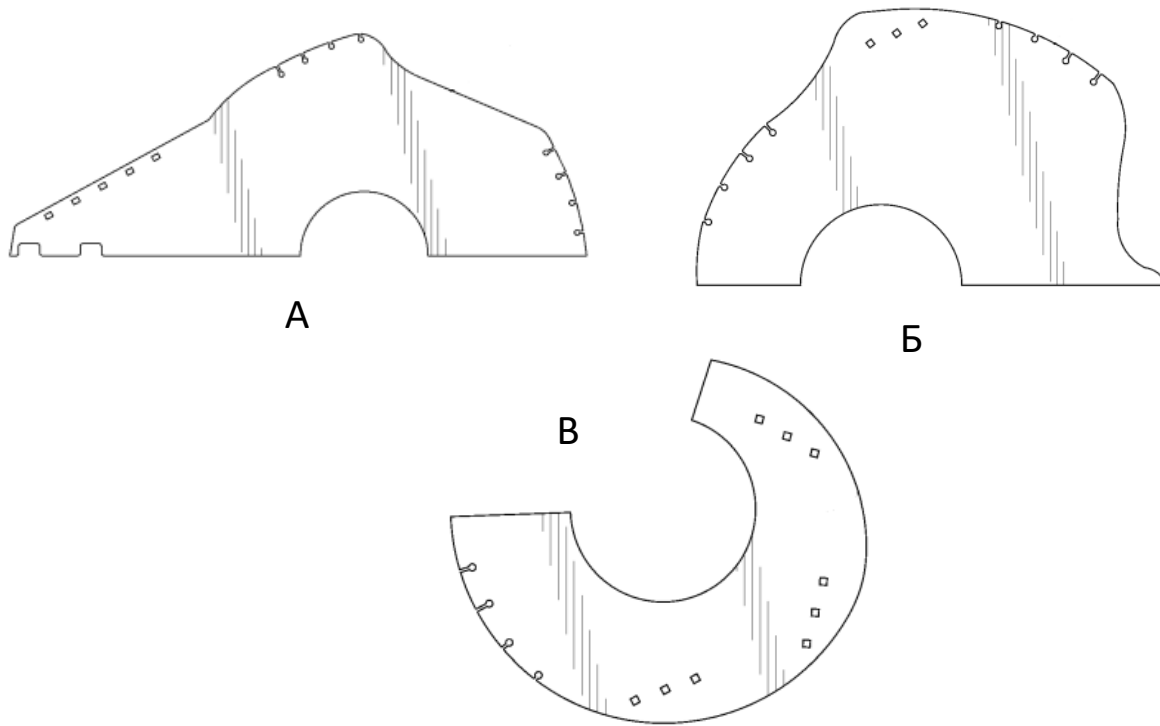


Рисунок 3.14 – Секції гвинтової поверхні шнека: А – нижня секція; Б – середня секція; В – верхня секція.

Секція А (Рисунок 3.14) використовується як більш «спокійна» секція — вона забезпечує підйом корму і базову циркуляцію. Його форма менш агресивна, тому він не перевантажує привід і стабілізує потік матеріалу.

Секція Б (Рисунок 3.14) вже виконує активнішу роль — його хвиляста форма і конфігурація кромки створюють додаткове перемішування і часткове розривання корму. Це перехідна зона між транспортуванням і інтенсивним змішуванням.

Секція В (Рисунок 3.14) - це найбільш «відкритий» сегмент з великим вирізом. Він практично не працює як транспортер, зате забезпечує максимальне перемішування і перетікання корму через шнек. Саме він руйнує «замкнуту циркуляцію» і усуває застійні зони.

3.4 Розрахунок конструктивних параметрів міксера-змішувача

Зовнішній діаметр верхнього витка шнека визначаємо за формулою:

$$D_B = 0,67 \cdot D_H$$

де D_H – зовнішній діаметр нижнього витка шнека, $D_H = 1200$ мм;

$$D_B = 0,67 \cdot 1200 = 800 \text{ мм}$$

Середній діаметр визначається за формулою:

$$D_{cp} = \frac{D_H + D_B}{2} = \frac{1200 + 800}{2} = 1000 \text{ мм} = 1 \text{ м}$$

При відомій частоті обертання 25 об/хв (з технічної характеристики) колова швидкість буде:

$$v = \frac{\pi \cdot D_{cp} \cdot n}{60}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 25}{60} = 1,31 \text{ м/с}$$

Кут підйому гвинтової лінії визначається за формулою:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{S}{\pi \cdot D_{cp}}\right)$$

де S – крок спіралі, $S = 0,45 \text{ м}$;

$$\alpha = \arctan\left(\frac{0,45}{3,14 \cdot 1}\right) = \arctan(0,143) \approx 8,1^\circ$$

Кутову швидкість шнека визначаємо за формулою:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 25}{60} = 2,62 \text{ рад/с}$$

Тоді крутний момент на валу шнека:

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega}$$

де N – потужність на привод шнека;

Потужність на привод шнека визначається за формулою:

$$N_B = 0,01 \cdot Q_{потр} \cdot L$$

$$N_B = 0,01 \cdot 243,7 \cdot 2,2 = 5,36 \text{ кВт}$$

Тоді крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{5360}{2,62} = 2046 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Радіус прикладання сили:

$$r = \frac{D_{\text{ср}}}{2} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ м}$$

Сумарна колова сила, яка реалізується ножами:

$$F_t = \frac{M_{\text{кр}}}{r}$$

$$F_t = \frac{2046}{0,5} = 4092 \text{ Н}$$

Оскільки одночасно в роботі перебувають не всі ножі однаково, для попереднього розрахунку доцільно прийняти коефіцієнт одночасної участі ножів $\psi = 0,6$. Тоді розрахункова кількість ножів, що реально сприймають навантаження:

$$z_p = z \cdot \psi = 5 \cdot 0,6 = 3$$

Отже, навантаження на один ніж становить:

$$F_H = \frac{F_t}{z_p}$$

$$F_H = \frac{4092}{3} = 1364 \text{ Н}$$

Тепер перевіримо ніж на згин. Для ножа приймаємо реалістичні попередні розміри: довжина робочої частини $l = 0,18 \text{ м}$, ширина $b = 0,06 \text{ м}$, $s = 0,008 \text{ м}$. Ніж працює як консольна пластина, навантажена силою на кінці. Тоді згинальний момент біля основи ножа:

$$M_{\text{зг}} = F_H \cdot l$$

$$M_{\text{зг}} = 1364 \cdot 0,18 = 245,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору прямокутного перерізу ножа:

$$W = \frac{b \cdot s^2}{6}$$

$$W = \frac{0,06 \cdot 0,008^2}{6} = 6,4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$$

Тоді напруження згину:

$$\sigma = \frac{M_{\text{зг}}}{W}$$

$$\sigma = \frac{245,5}{6,4 \cdot 10^{-7}} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

$$\sigma = 384 \text{ МПа}$$

Це вже досить високе напруження. Для звичайної конструкційної сталі такий ніж буде працювати на межі, тому потрібно або збільшувати товщину, або зменшувати плече сили. Для ножів кормозмішувачів краще прийняти товщину $s=10$ мм. Тоді:

$$W = \frac{0,06 \cdot 0,01^2}{6} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\sigma = \frac{245,5}{1,0 \cdot 10^{-6}} = 245,5 \text{ МПа}$$

Отже, при товщині ножа 10 мм напруження становить приблизно:

$$\sigma = 246 \text{ МПа}$$

Це вже припустиме значення для ножа зі сталі 65Г, 60С2А або іншої зносостійкої легованої сталі після термообробки, для яких допустиме напруження можна прийняти в межах 300...400 МПа.

Тепер перевіримо кріплення ножа. Якщо ніж кріпиться двома болтами, то сила на один болт:

$$F_6 = \frac{F_n}{2} = \frac{1364}{2} = 682 \text{ Н}$$

Навіть для болта М10 площа перерізу по стрижню становить близько:

$$A = 58 \text{ мм}^2$$

Тоді напруження зрізу:

$$\tau = \frac{F_6}{A}$$

$$\tau = \frac{682}{58} = 11,8 \text{ Мпа}$$

Це дуже мале значення, тобто за міцністю болтове кріплення цілком забезпечується. У реальній конструкції вибір болтів М10 або М12 буде достатнім із великим запасом.

Шпонковим з'єднанням фіксується вал в корпусі змішувача. Відомо, що діаметр валу складає 320 мм.

Визначимо крутний момент на валу:

$$T = \frac{9550N}{n}$$

де N – потужність на валу, $N = 5,36$ кВт;

$$T = \frac{9550 \cdot 5,36}{25} = 2047,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Колова сила в з'єднанні визначається за формулою:

$$F_t = \frac{2T}{d}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 2047,5}{0,32} = 12796,9 \text{ Н}$$

Приймаємо наступні розміри шпонки (рисунок 3.7): $l=220$ мм; $b=80$ мм; $h=45$ мм; $t_1=25$ мм.

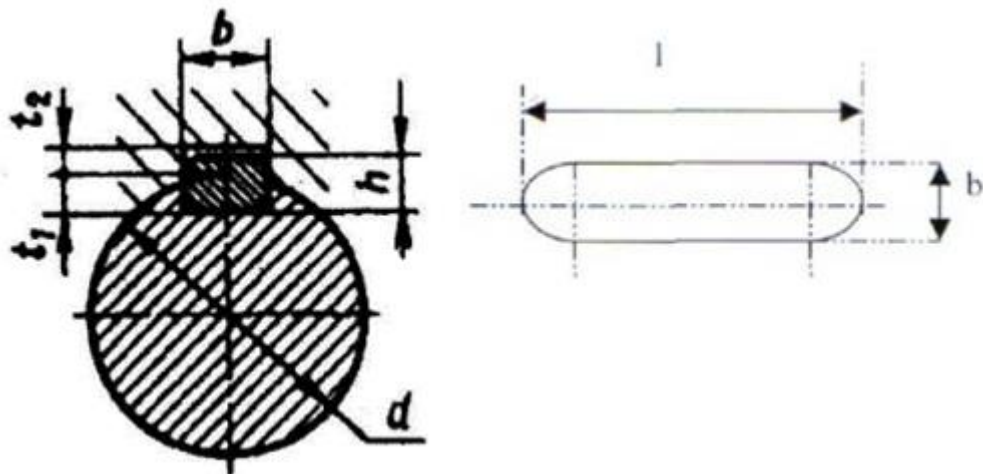


Рисунок 3.7 – Схема шпонкового з'єднання

Визначимо робочу довжину шпонки:

$$l_p = l - b$$

$$l_p = 220 - 80 = 140 \text{ мм}$$

Площа зминання шпонки визначається за формулою:

$$A_{зм} = (0,94h - t_1) \cdot l_p$$

Підставляємо значення в формулу:

$$A_{зм} = (0,94 \cdot 45 - 25) \cdot 140 = 2422 \text{ мм}^2$$

Тоді напруження зминання складає:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_t}{A_{зм}}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{12797}{2422} = 5,28 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{зм} = 190 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_{зм} < \sigma_{зм}$$

$$190 \text{ МПа} < 5,28 \text{ МПа} - \text{умова виконується}$$

3.5 Розрахунок енергетичних параметрів міксера-кормороздавача

Потужність, що споживається робочим органом з урахуванням запасу:

$$N_p = N_m \cdot k_n$$

де N_m — потужність на привод шнека;

k_n — коефіцієнт запасу навантаження;

$$N_p = 5,36 \cdot 1,15 = 6,16 \text{ кВт}$$

Загальний ККД приводу:

$$\eta = \eta_k \cdot \eta_p \cdot \eta_{\Pi}$$

де η_k — ККД карданної передачі;

η_p — ККД редуктора;

η_{Π} — ККД підшипникових вузлів;

$$\eta = 0,97 \cdot 0,9 \cdot 0,98 = 0,856$$

Потужність, яку необхідно підвести від ВВП трактора:

$$N_{ВВП} = \frac{6,16}{0,856} = 7,2 \text{ кВт}$$

Енерговитрати на один повний цикл роботи:

$$W_{\text{ц}} = N_{ВВП} \cdot \frac{t_n}{60} = 7,2 \cdot \frac{25,6}{60} = 3,07 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Енерговитрати безпосередньо на змішування:

$$W_{зм} = N_{ВВП} \cdot \frac{t_{зм}}{60} = 7,2 \cdot \frac{6,5}{60} = 0,78 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де $t_{зм}$ — час змішування;

Питома енергоємність процесу змішування:

$$E_{\text{пит}} = \frac{W_{\text{зм}}}{M} = \frac{0,78}{3,3} = 0,236 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

де M — маса кормосуміші в бункері за один цикл;

Кількість циклів за одну годівлю:

$$i = \frac{G_{\text{раз}}}{M} = \frac{8,27}{3,3} = 2,51,$$

де $G_{\text{раз}}$ — разова потреба корму на одну годівлю;

Приймаємо $i = 3$.

Енерговитрати за одну годівлю:

$$W_{\text{год}} = W_{\text{ц}} \cdot i = 3,07 \cdot 3 = 9,21 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Добові енерговитрати:

$$W_{\text{доб}} = W_{\text{год}} \cdot z_r = 9,21 \cdot 3 = 27,63 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де z_r — кількість годівель за добу;

Річні енерговитрати:

$$W_{\text{рік}} = W_{\text{доб}} \cdot D = 27,63 \cdot 365 = 10084,95 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де D — кількість днів роботи за рік.

Енерговитрати базового варіанта на змішування:

$$W_{\text{зм.6}} = N_{\text{ВВП}} \cdot \frac{t_{\text{зм.6}}}{60} = 7,2 \cdot \frac{8}{60} = 0,96 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Економія енергії на одному циклі змішування:

$$\Delta W = W_{\text{зм.6}} - W_{\text{зм}} = 0,96 - 0,78 = 0,18 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відсоток зменшення енерговитрат:

$$\varepsilon = \frac{W_{\text{зм.6}} - W_{\text{зм}}}{W_{\text{зм.6}}} \cdot 100\% = \frac{0,96 - 0,78}{0,96} \cdot 100\% = 18,75\%$$

3.6 Висновок з розділу

У даному розділі виконано розрахунок та обґрунтування основних параметрів кормозмішувача-роздавача КСП-10 з урахуванням технологічних і конструктивних вимог до машин цього типу. Проведений аналіз вимог показав, що кормозмішувач повинен забезпечувати ефективне подрібнення, інтенсивне

перемішування та рівномірне роздавання кормосуміші при мінімальних енерговитратах і високій надійності роботи.

Розглянуті причіпні кормороздавачі типу ПРК-Ф-0,4-6 і КТУ-10А характеризуються відносною простотою конструкції, надійністю в експлуатації та можливістю використання на фермах із традиційною організацією годівлі. Водночас такі машини мають обмежені можливості щодо якісного подрібнення та однорідного змішування кормових компонентів, а також недостатню точність дозування, що знижує ефективність використання кормів і ускладнює формування науково обґрунтованих раціонів.

Найбільш сучасними технічними рішеннями у сфері годівлі ВРХ є комбіновані міксери-кормороздавачі, які поєднують операції вагового дозування, подрібнення, інтенсивного змішування та рівномірної роздачі кормових сумішей. Такі агрегати, зокрема вітчизняного виробництва (ТДВ «Брацлав», ВАТ «Уманьферммаш») та закордонних компаній, забезпечують високу однорідність кормосуміші, точність дотримання раціону та зменшення втрат кормів, що позитивно впливає на продуктивність і стан здоров'я тварин. Аналіз конструкцій показав, що використання вертикальних або горизонтальних шнеково-ножових робочих органів, електронних систем зважування та різних схем роздавання корму дозволяє адаптувати міксери кормороздавачі до конкретних умов експлуатації, розмірів ферми та структури стада. Разом з тим, імпортні машини мають високу вартість придбання та обслуговування, що обмежує їх широке впровадження у вітчизняних господарствах.

На основі аналізу патентних джерел встановлено, що існуючі конструкції шнеків мають певні недоліки, зокрема нерівномірність потоку корму, підвищене енергоспоживання та утворення застійних зон. Для усунення цих недоліків запропоновано вдосконалену конструкцію робочого органа з вирізами у гвинтовій поверхні та сегментною будовою шнека, що забезпечує покращення циркуляції кормової маси, зниження опору переміщенню та підвищення ефективності змішування.

У розрахунковій частині визначено геометричні параметри шнека, які відповідають конструкції кормозмішувача та забезпечують раціональні режими роботи. Перевірочний розрахунок пропускної здатності показав, що, незважаючи на відносно невелику транспортуючу здатність, шнек забезпечує інтенсивне перемішування за рахунок багаторазової рециркуляції корму.

Розрахунок ножів робочого органа підтвердив їхню достатню міцність при прийнятих розмірах і матеріалах, а також надійність болтового кріплення. Розрахунок шпонкового з'єднання показав значний запас міцності, що гарантує надійну передачу крутного моменту від приводу до робочого органа.

Таким чином, результати розрахунків підтверджують працездатність запропонованої конструкції кормозмішувача.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз умов праці під час приготування та роздавання кормів

Процес приготування та роздавання кормів на фермах великої рогатої худоби пов'язаний із виконанням ряду технологічних операцій, до яких належать завантаження компонентів корму, подрібнення, змішування, транспортування та роздавання готової кормосуміші. Для виконання цих операцій використовується мобільний міксер-кормороздавач КСП-10 з вертикальним шнековим робочим органом. Робота обладнання супроводжується дією механічних, фізичних та санітарно-гігієнічних факторів, які можуть негативно впливати на обслуговуючий персонал.

Основними виконавцями технологічного процесу є тракторист-машиніст та працівники, які здійснюють контроль за завантаженням компонентів корму, роботою кормозмішувача і процесом роздавання кормосуміші. Робоче місце оператора характеризується підвищеним рівнем шуму, вібрацій, запиленості та наявністю рухомих робочих органів.

До основних небезпечних виробничих факторів при експлуатації міксера-кормороздавача належать:

- рухомі елементи приводу;
- карданна передача;
- обертовий вертикальний шнек;
- ножі робочого органа;
- можливість затягування одягу в рухомі механізми;
- небезпека травмування при очищенні або ремонті машини;
- перекидання агрегату при русі по нерівній поверхні.

Особливо небезпечними є шнеково-ножові робочі органи, оскільки вони мають значну кінетичну енергію та працюють у замкненому об'ємі бункера. Виконання будь-яких регулювальних або очисних робіт при увімкненому приводі категорично забороняється.

До шкідливих виробничих факторів належать:

- підвищена запиленість повітря під час роботи з сухими кормами;
- шум від роботи трактора, редуктора та робочих органів;
- вібрації, що передаються через трактор і привід;
- несприятливі метеорологічні умови при роботі у відкритих кормових майданчиках.

Під час завантаження сіна, сінажу, комбікормів та інших компонентів у повітрі утворюється пил органічного походження, який може негативно впливати на органи дихання працівників. Тривалий вплив пилу може спричиняти професійні захворювання дихальної системи, тому оператор повинен використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання.

Рівень шуму під час роботи агрегату може перевищувати допустимі санітарні норми, особливо при роботі з сухими грубими кормами. Основними джерелами шуму є тракторний двигун, редуктор, карданна передача та взаємодія ножів із кормовою масою.

Важливе значення для безпечної експлуатації міксера-кормороздавача має технічний стан обладнання. Робота із несправними карданними передачами, відсутніми захисними кожухами або зношеними ножами значно підвищує ризик виникнення аварійних ситуацій і травматизму.

Для забезпечення безпечних умов праці необхідно:

- проводити регулярний технічний огляд машини;
- використовувати справні захисні кожухи;
- не допускати сторонніх осіб до зони роботи агрегату;
- здійснювати очищення та ремонт тільки після повної зупинки приводу;
- використовувати засоби індивідуального захисту;
- дотримуватися правил техніки безпеки при роботі з тракторними агрегатами.

Таким чином, процес приготування та роздавання кормів супроводжується рядом небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що потребують

впровадження комплексу організаційних і технічних заходів з охорони праці для забезпечення безпечної роботи обслуговуючого персоналу.

4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі міксера-кормороздавача

Під час експлуатації міксера-кормороздавача на обслуговуючий персонал діє ряд небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть призводити до травмування працівників, професійних захворювань або аварійних ситуацій. Найбільшу небезпеку становлять рухомі робочі органи машини, привідні механізми та підвищений рівень шуму й запиленості.

Одним із основних небезпечних факторів є вертикальний шнек із ножами, який під час роботи здійснює безперервне обертання та переміщення кормової маси. Наявність гострих ріжучих елементів створює небезпеку травмування рук, одягу або інших частин тіла працівника при порушенні правил безпеки. Особливо небезпечним є очищення бункера або усунення зависання корму при працюючому приводі.

Небезпеку також становить карданна передача, яка передає крутний момент від вала відбору потужності трактора до редуктора кормозмішувача. При відсутності або пошкодженні захисного кожуха існує ризик затягування одягу працівника на обертовий вал. Тому експлуатація карданної передачі без захисного кожуха забороняється.

До небезпечних факторів належать також:

- обертові вали та редуктори;
- рухомі елементи приводу;
- можливість самовільного руху агрегату;
- падіння працівника під час завантаження кормів;
- можливість перекидання агрегату на нерівній місцевості.

Під час роботи кормозмішувача в повітря виділяється значна кількість органічного пилу, особливо при завантаженні сухих кормів і комбікормів. Пил негативно впливає на органи дихання та слизові оболонки працівників. Тривалий

вплив запиленого повітря може спричиняти хронічні захворювання дихальної системи.

Важливим шкідливим фактором є шум, який створюється двигуном трактора, редуктором, карданною передачею та роботою ножів під час подрібнення корму. При тривалому впливі підвищений рівень шуму може викликати погіршення слуху, втому та зниження працездатності оператора.

Під час роботи агрегату виникають також вібрації, які через трактор і сидіння передаються машиністу. Тривалий вплив вібрацій негативно впливає на нервову систему, опорно-руховий апарат та загальний фізичний стан працівника.

У процесі експлуатації міксера-кормороздавача можливе виникнення пожежонебезпечних ситуацій. Причинами займання можуть бути:

- коротке замикання електрообладнання;
- потрапляння мастильних матеріалів на нагріті поверхні;
- іскроутворення;
- накопичення сухого пилу та рослинних залишків.

Особливу небезпеку становить проведення ремонтних і регулювальних робіт без попереднього вимкнення приводу та двигуна трактора. Під час технічного обслуговування необхідно повністю зупиняти всі рухомі елементи машини та надійно фіксувати агрегат.

Для зниження впливу небезпечних і шкідливих факторів необхідно:

- використовувати захисні кожухи та огороження;
- дотримуватись правил техніки безпеки;
- використовувати спецодяг і засоби індивідуального захисту;
- проводити регулярний технічний огляд обладнання;
- не допускати роботи несправних механізмів;
- здійснювати очищення та ремонт лише після повної зупинки приводу.

Таким чином, робота міксера-кормороздавача супроводжується дією комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, тому безпечна

експлуатація машини можлива лише за умови дотримання встановлених вимог охорони праці та правильної організації технологічного процесу.

4.3 Заходи з охорони праці при експлуатації міксера-кормороздавача

Для забезпечення безпечної експлуатації міксера-кормороздавача необхідно дотримуватись вимог охорони праці, правил техніки безпеки та підтримувати обладнання у справному технічному стані. Безпечність роботи значною мірою залежить від правильної організації технологічного процесу, кваліфікації обслуговуючого персоналу та своєчасного технічного обслуговування машини.

До роботи з міксером-кормороздавачем допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, інструктаж з охорони праці та мають право на керування тракторним агрегатом. Перед початком роботи оператор повинен перевірити технічний стан машини, справність карданної передачі, наявність захисних кожухів, надійність кріплення ножів і шнека, а також відсутність сторонніх предметів у бункері.

Особливу увагу необхідно приділяти карданній передачі та рухомих робочим органам. Робота зі знятими або пошкодженими захисними огороженнями забороняється. Перед увімкненням приводу оператор повинен переконатися, що в небезпечній зоні відсутні сторонні особи.

Під час завантаження кормів необхідно дотримуватись допустимого рівня завантаження бункера та не допускати зависання кормової маси. Забороняється проштовхувати корм руками або очищати робочі органи при ввімкненому приводі. Усі операції з очищення, регулювання та ремонту дозволяється виконувати лише після повної зупинки шнека, вимкнення ВВП трактора та зупинки двигуна.

У процесі роботи оператор повинен контролювати рівномірність обертання шнека, стежити за відсутністю сторонніх шумів, надмірних вібрацій і перевантаження приводу. При виникненні несправностей роботу агрегату необхідно негайно припинити та усунути причину несправності.

Для зменшення впливу пилу, шуму та вібрацій працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисне взуття, рукавиці, респіратор та захисні окуляри. Під час роботи у закритих приміщеннях необхідно забезпечити достатній рівень вентиляції та освітлення.

Важливим заходом охорони праці є своєчасне технічне обслуговування машини. Необхідно регулярно перевіряти стан ножів, шнекового робочого органа, болтових з'єднань, підшипників, редуктора та карданної передачі. Використання несправного обладнання значно підвищує ризик травматизму та аварійних ситуацій.

Для попередження пожежонебезпечних ситуацій у місцях роботи агрегату повинні бути наявні справні засоби пожежогасіння. Не допускається накопичення сухих рослинних залишків поблизу нагрітих елементів машини або двигуна трактора.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці, використання справного обладнання та правильна організація технологічного процесу забезпечують безпечну експлуатацію міксер-кормороздавача, знижують ризик виробничого травматизму та підвищують надійність роботи машини.

4.4 Заходи пожежної безпеки

Під час експлуатації міксер-кормороздавача існує небезпека виникнення пожеж через наявність великої кількості горючих матеріалів, мастильних речовин, пилу та працюючого енергетичного обладнання. Основними джерелами займання можуть бути коротке замикання електрообладнання, перегрів підшипників, потрапляння мастила на нагріті поверхні двигуна, іскроутворення та порушення правил експлуатації техніки.

Особливу пожежну небезпеку становлять сухі корми та органічний пил, які здатні швидко займатися при контакті з відкритим полум'ям або нагрітими деталями. Тому в місцях приготування та роздавання кормів необхідно регулярно очищати обладнання від залишків кормової маси, пилу та бруду.

Для забезпечення пожежної безпеки трактор і міксер-кормороздавач повинні перебувати у справному технічному стані. Електропроводка, гідравлічні

системи та паливні магістралі повинні бути герметичними та не мати пошкоджень. Особливу увагу необхідно приділяти стану підшипникових вузлів і карданної передачі, оскільки їх перегрів може стати причиною займання.

Під час роботи агрегату забороняється:

- використовувати відкритий вогонь поблизу кормів і техніки;
- палити в зоні роботи машини;
- експлуатувати обладнання з несправною електросистемою;
- залишати працюючий агрегат без нагляду.

У місцях експлуатації кормозмішувача повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння: порошкові або вуглекислотні вогнегасники, ящики з піском, лопати та ємності з водою. Вогнегасники повинні розміщуватись у легкодоступних місцях і проходити своєчасну перевірку.

У разі виникнення пожежі необхідно негайно зупинити трактор, вимкнути вал відбору потужності, заглушити двигун і повідомити пожежну службу. Гасіння пожежі слід проводити первинними засобами пожежогасіння з дотриманням правил безпеки.

Для забезпечення безпечної евакуації працівників проходи та під'їзди до виробничих приміщень повинні бути вільними, а територія - достатньо освітленою. Працівники повинні бути ознайомлені з правилами пожежної безпеки та порядком дій у разі виникнення пожежі.

Таким чином, дотримання вимог пожежної безпеки, підтримання обладнання у справному стані та наявність засобів пожежогасіння дозволяють знизити ризик виникнення пожеж і забезпечити безпечну експлуатацію міксер-кормороздавача.

4.5 Заходи із захисту навколишнього середовища

Під час експлуатації міксер-кормороздавача необхідно забезпечити мінімальний негативний вплив технологічного процесу на навколишнє середовище. Основними джерелами екологічного впливу є втрати кормів,

підвищена запиленість повітря, шум, витоки паливно-мастильних матеріалів та викиди відпрацьованих газів трактора.

Одним із важливих напрямів захисту навколишнього середовища є зменшення втрат кормів під час їх завантаження, змішування та роздавання. Використання вертикального міксера-кормороздавача дозволяє забезпечити більш рівномірне перемішування компонентів кормосуміші, зменшити розшарування корму та скоротити його втрати. Це сприяє раціональному використанню кормових ресурсів і зменшенню кількості органічних відходів.

Під час роботи з сухими кормами та комбікормами у повітря потрапляє органічний пил, який негативно впливає як на працівників, так і на навколишнє середовище. Для зниження рівня запиленості необхідно своєчасно очищати робочу зону, підтримувати оптимальну вологість кормосуміші та дотримуватись правильної технології завантаження кормів.

Значну увагу необхідно приділяти запобіганню забрудненню ґрунтів і водних ресурсів паливно-мастильними матеріалами. Під час технічного обслуговування агрегату забороняється допускати витоки мастила, пального та гідравлічних рідин. Заправлення та ремонт техніки необхідно проводити у спеціально відведених місцях із твердим покриттям.

Під час роботи трактора утворюються викиди відпрацьованих газів, що містять шкідливі речовини. Для зменшення негативного впливу на атмосферне повітря необхідно підтримувати двигун у справному технічному стані, своєчасно проводити технічне обслуговування та не допускати роботи двигуна з перевантаженням.

Важливим екологічним фактором є також зниження рівня шуму та вібрацій. Використання справних підшипників, редукторів і привідних механізмів дозволяє зменшити шумове навантаження на виробниче середовище та прилеглу територію.

Органічні залишки кормів і відходи після очищення обладнання повинні утилізуватися відповідно до санітарних вимог або використовуватись як

органічні добрива. Не допускається складування відходів у невстановлених місцях або їх потрапляння у водостоки та водойми.

Запропоноване вдосконалення конструкції шнекового робочого органа сприяє підвищенню ефективності змішування кормів та скороченню тривалості технологічного процесу, що дозволяє знизити енерговитрати та витрати пального. Це, у свою чергу, забезпечує зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Таким чином, дотримання екологічних вимог під час експлуатації міксер-кормороздавача забезпечує зниження негативного впливу на довкілля, сприяє раціональному використанню кормових ресурсів та підвищує екологічну безпеку технологічного процесу приготування і роздавання кормів.

4.6 Висновок з розділу

У результаті виконання розділу з охорони праці та захисту навколишнього середовища було проаналізовано умови праці під час експлуатації міксер-кормороздавача та визначено основні небезпечні й шкідливі виробничі фактори. Встановлено, що найбільшу небезпеку для обслуговуючого персоналу становлять рухомі робочі органи, карданна передача, підвищений рівень шуму, вібрацій та запиленості.

Розроблено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечної експлуатації обладнання. Основними з них є використання захисних кожухів і огорожень, дотримання правил техніки безпеки, проведення своєчасного технічного обслуговування та застосування засобів індивідуального захисту.

У розділі також розглянуто основні вимоги пожежної безпеки під час роботи міксер-кормороздавача. Визначено можливі джерела займання та заходи щодо попередження пожежонебезпечних ситуацій, зокрема підтримання обладнання у справному технічному стані та забезпечення робочих місць первинними засобами пожежогасіння.

Проведений аналіз заходів із захисту навколишнього середовища показав, що запропоноване вдосконалення конструкції міксер-кормороздавача дозволяє знизити втрати кормів, скоротити енерговитрати та зменшити негативний вплив технологічного процесу на довкілля.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

Для визначення техніко-економічної ефективності вдосконалення міксеро-кормороздавача необхідно оцінити економію часу, енерговитрат та пального внаслідок модернізації шнекового робочого органа.

Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до економічного розрахунку.

Параметр	Умовне позначення	Значення	
		До вдосконалення	Після вдосконалення
Тривалість змішування	$t_{l,2}$	8	6,5
Потужність приводу, кВт	N	7,2	
Маса однієї порції корму, т	M	3,3	
Разова потреба корму, т	$G_{раз}$	8,27	
Кількість годівель за добу	z	3	
Витрата пального трактора, л/год	q	7	
Вартість дизельного пального, грн/л	C_n	58	
Заробітна плата оператора, грн/год	$C_{роб}$	180	
Вартість модернізації, грн	B	-	18500

Економія часу на одному циклі змішування:

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 8 - 6,5 = 1,5 \text{ хв}$$

Добова економія часу:

$$T_{доб} = \frac{\Delta t \cdot i \cdot z}{60} = \frac{1,5 \cdot 3 \cdot 3}{60} = 0,225 \text{ год}$$

де i – загальна кількість рейсів (розділ 2.4)

Річна економія часу:

$$T_{річ} = T_{доб} \cdot 365 = 0,225 \cdot 365 = 82,1 \text{ год}$$

Економія заробітної плати:

$$E_{пл} = T_{річ} \cdot C_{роб} = 82,1 \cdot 180 = 14778 \text{ грн/рік}$$

Річна економія пального:

$$Q_{\text{пал}} = q \cdot T_{\text{річ}} = 7 \cdot 82,1 = 574,7 \text{ л}$$

Вартісна економія пального:

$$E_{\text{пал}} = Q_{\text{пал}} \cdot C_n = 574,7 \cdot 58 = 33332,6 \text{ л}$$

Економія енергії на одному циклі:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = 0,96 - 0,78 = 0,18 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річна економія електроенергії:

$$W_{\text{річ}} = \Delta W \cdot i \cdot z \cdot 365 = 0,18 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 365 = 591,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річна економія коштів:

$$E_e = W_{\text{річ}} \cdot C_e = 591,3 \cdot 6 = 3547,8 \text{ грн/рік}$$

Загальний економічний ефект визначається за формулою:

$$\begin{aligned} E &= E_{\text{зп}} + E_{\text{пал}} + E_e - B = 14778 + 33332,6 + 3547,8 - 18500 = \\ &= 33158,4 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Термін окупності визначається за формулою:

$$T = \frac{B}{E} = \frac{18500}{33158,4} = 0,56 \text{ роки} \approx 7 \text{ місяців}$$

Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що запропоноване вдосконалення міксера-кормороздавача є економічно доцільним. Завдяки модернізації шнекового робочого органа забезпечується скорочення тривалості змішування кормів, зменшення витрат пального та енерговитрат технологічного процесу.

У результаті модернізації річна економія заробітної плати становить 14778 грн, економія пального - 33332,6 грн, а економія електроенергії - 3547,8 грн. Загальний річний економічний ефект складає 33158,4 грн.

Розрахунковий термін окупності модернізації становить приблизно 7 місяців, що підтверджує ефективність і доцільність впровадження запропонованого вдосконалення у виробничих умовах.

ВИСНОВКИ

1. У дипломному проєкті було розглянуто питання вдосконалення технологічної лінії приготування кормів на фермі великої рогатої худоби з розробкою міксера-кормороздавача. Проведений аналіз сучасного стану тваринництва та кормовиробництва в Україні показав, що одним із головних напрямів підвищення ефективності галузі є впровадження сучасних технологій механізації процесів приготування та роздавання кормів. Встановлено, що якість кормосуміші безпосередньо впливає на продуктивність тварин, собівартість продукції та економічні показники господарства.

2. У другому розділі було виконано проєктування технологічного процесу приготування та роздавання кормів для ферми ТОВ «Дружба-Казначейка», де утримується близько 1000 голів великої рогатої худоби. Проведено розрахунок добової та річної потреби в кормах для різних технологічних груп тварин, визначено необхідну продуктивність технологічної лінії та параметри мобільного кормороздавача. Загальна річна потреба господарства в кормах становить понад 9000 т. У результаті розрахунків встановлено необхідну циркуляційну продуктивність шнека та обґрунтовано використання вертикального шнекового змішувача-кормороздавача.

3. У третьому розділі було проведено аналіз існуючих конструкцій кормозмішувачів і кормороздавачів, зокрема агрегатів ПРК-Ф-0,4-6, КТУ-10А та сучасних комбінованих міксерів-кормороздавачів. Встановлено, що найбільш ефективними для приготування повнораціонних кормосумішей є вертикальні шнекові робочі органи, які забезпечують інтенсивне перемішування та подрібнення кормів. На основі проведеного аналізу було запропоновано вдосконалену конструкцію вертикального шнека з модернізованими шнековими секціями та ножовим вузлом.

4. У процесі проєктування були визначені основні конструктивні параметри кормозмішувача: діаметри шнека, крок спіралі, кут підйому гвинтової лінії, колова швидкість та крутний момент на валу. Також проведено розрахунок навантажень на ножі, перевірку їх на міцність та обґрунтовано вибір

конструкційних матеріалів. У результаті розрахунків встановлено, що застосування ножів товщиною 10 мм забезпечує достатню міцність і надійність роботи шнекового робочого органа.

Особливу увагу було приділено конструкції розбірного вала та шнекових секцій. Запропоновано використання фланцевого з'єднання секцій із болтовим кріпленням, що спрощує монтаж, ремонт і заміну окремих елементів конструкції. Таке технічне рішення забезпечує достатню жорсткість і надійність шнекового робочого органа при експлуатації в умовах значних динамічних навантажень.

5. У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища під час експлуатації міксера-кормороздавача. Проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, серед яких рухомі робочі органи, карданна передача, шум, вібрації та запиленість повітря. Розроблено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, а також заходи зі зниження негативного впливу технологічного процесу на навколишнє середовище.

6. У п'ятому розділі визначено техніко-економічну ефективність запропонованого вдосконалення. Проведені розрахунки показали, що модернізація шнекового робочого органа дозволяє скоротити тривалість змішування кормів з 8 до 6,5 хв, зменшити витрати пального та енерговитрати технологічного процесу. Річний економічний ефект від впровадження модернізації становить понад 33 тис. грн, а термін окупності складає близько 7 місяців. Це підтверджує економічну доцільність і ефективність запропонованого технічного рішення.

7. Таким чином, у дипломному проєкті досягнуто поставленої мети - виконано вдосконалення технологічної лінії приготування кормів на фермі великої рогатої худоби шляхом модернізації міксера-кормороздавача. Запропонована конструкція забезпечує підвищення якості змішування кормів, зниження енерговитрат, підвищення продуктивності технологічного процесу та покращення техніко-економічних показників роботи господарства.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. <https://www.ukraine.com.ua/egrpou/03740111/>
2. <https://ristone.net/tvarinnictvo-2/>
3. <https://www.bratslav.com.ua/product/kormozmishuvach-bratslav/>
4. https://uvt.com.ua/suchasni-tekhnohii-hodivli-vrkh/?srsltid=AfmBOop_WWJSbxRkuAM5SaNv7MOlOzIOjqxDvAOOBpy-NAI05T0pTomH
5. https://nmcbook.com.ua/elepidruchnuk/motnmc/1/tema_5.htm
6. <https://tex-k.com.ua/product/samokhodnyy-smesitel-kormorazdatchik-kuhn-euromix/>
7. https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_2/page99.html
8. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Машини і обладнання та їх використання в тваринництві» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія». Розділ 2. – Дніпро: ДДАЕУ, 2022.
9. <https://www.dairynz.co.nz>
10. Технологія кормів та кормових добавок: навчальний посібник /К.М. Сироватко, М.О. Зотько. - Вінниця: ВНАУ, 2020.- 263 с.
11. <https://patents.google.com/patent/US20100039885>
12. <https://patents.google.com/patent/CA2566407C/en>
13. <https://patents.google.com/patent/US5863122A/en>
14. <https://agrohelix.com.ua/rozrakhunok-produktivnosti-shneka-vid-agrohelix/>
15. https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_2/page39.html
16. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту з дисципліни „Деталі машин ”/ О.В. Толстенко, О.А. Черній, Д.Л. Васильєв— Дніпро, ДДАЕУ, 2023.— 84с.
17. <http://buklib.net/books/34167/>

18. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України. Редкол.: М.В. Зубець (голова) [та ін.]. К.:Аграрна наука, 2010. 944 с
19. Системи утримання тварин: навч. посіб. [Захаренко М.О.,Поляковський В.М., Шевченко Л.В. та ін.]. К: Центр навч. літ., 2016. 424 с.
20. Відомчі норми технологічного проектування. ВНТП – АПК 01.05. «Скотарські підприємства». Мінагрополітики України, К.: 2005. 96 с.
21. Доруда С.О. До оцінки якості роботи змішувачакормороздавача потокового типу / С.О. Доруда, Е.Б. Алієв // Інтенсифікація кормовиробництва – основа сталого розвитку галузі тваринництва (Збірник наукових праць, присвячений 150-тій річниці з дня організації Полтавського губернського земства та 85-річчю заснування Інституту свинарства і АПВ). – Полтава, 2015. – С. 75-77.
22. Гаврильченко О.С. Обґрунтування конструктивнотехнологічних параметрів бункера-дозатора комбікормів / О.С. Гаврильченко, С.Ю. Дерун, Е.Б. Алієв, С.О. Доруда // Технології АПК XXI століття: проблеми і перспективи розвитку: Зб. наукових-праць (17-18 травня 2018 року, м. Ніжин) / За наук. Ред. В.С. Лукача [та ін.]. – Ніжин, 2018 – С. 209-220.
23. Алієв Е.Б., Луц П.М., Верета В.В. (2019). Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми роторно-кавітаційного диспергатора кормосумішей. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: 71 Зб. наукових-праць (21 листопада 2019) / За наук. Ред. В.С. Лукача [та ін.]. Ніжин. С. 17-25.
24. Алієв Е.Б., Малєгін Р.Д. Ефективність впровадження технології годівлі тварин кормами після кавітаційної обробки. Матеріали XVI міжнародна научна практична конференція «Найновите научни постижения – 2020» (15 - 22 март 2020 г.). Volume 3. София «Бял ГРАД-БГ ОДД». С.39-41.
25. Алієв Е.Б., Малєгін Р.Д. Обґрунтування доцільності використання диспергаторів рідких кормів. Матеріали XXI Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки». Харків: ХНТУСГ, 2020. С. 7.

26. <https://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/lr-15-budova-i-analiz-roboty-kormorozdavachiv-zmishuvachiv-z-dyscypliny-mtvshp.pdf>
27. https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_2/page99.html
28. <https://www.agteh.com.ua/uk/blog/yak-vibrati-kormozmishuvach>
29. https://fri.vin.ua/download_materials/catalogues/86.pdf
30. <https://tex-k.com.ua/zelenaya-liniya/smesiteli-kormorazdatchiki/>
31. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u329/machenergy_2020_11_2.pdf
32. Яковенко Л.П. Основи механізації тваринницьких ферм. Дніпро :ДДАЕУ, 2018. 150 с.
33. Сахно В.П. Підвищення ефективності технологічної лінії приготування кормів з модернізацією подрібнювача. Вінниця : ВНАУ, 2020. 150с.
34. Колісник О.В. Механізація технологічних процесів приготування кормів на фермах ВРХ. Київ : НАУ, 2019. 120 с.
35. Пащенко О.М. Модернізація кормоцеху з розробкою лінії транспортування та подрібнення концентрованих кормів. Вінниця : ВНАУ, 2021. 130 с.
36. Дереза С.В. Вибір технології і технічних засобів приготування та роздавання кормів на молочно-товарній фермі ВРХ. Київ : НАУ, 2021. 120 с.
37. Івченко В.М., Романенко С.В. Обладнання для переробки кормів. – К.:Урожай, 2007. – 420 с.
38. Алієв Е. Б., Дудін В. Ю., Лінко М.О. (2023). Результати експериментальних досліджень малогабаритного експандера кормів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 53:121–130. DOI: 0.32515/2414-3820

ДОДАТКИ

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

Удосконалення технологічної лінії змішування і роздавання кормів для ферми великої рогатої худоби з модернізацією кормозмішувача

Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Гранкін Павло Олексійович

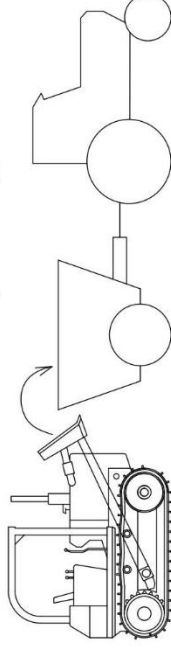
Керівник: д-р техн. наук, старш. дослід., проф.
Алієв Ельчин Бахтияр огли

Дніпро 2026

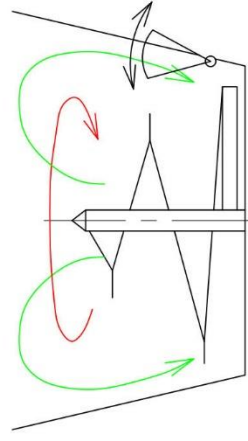
[illegible]



Забантаження елементів кормосуміші в змішувач-роздавач

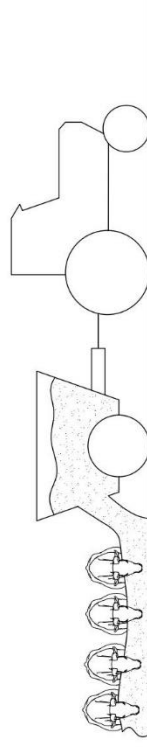


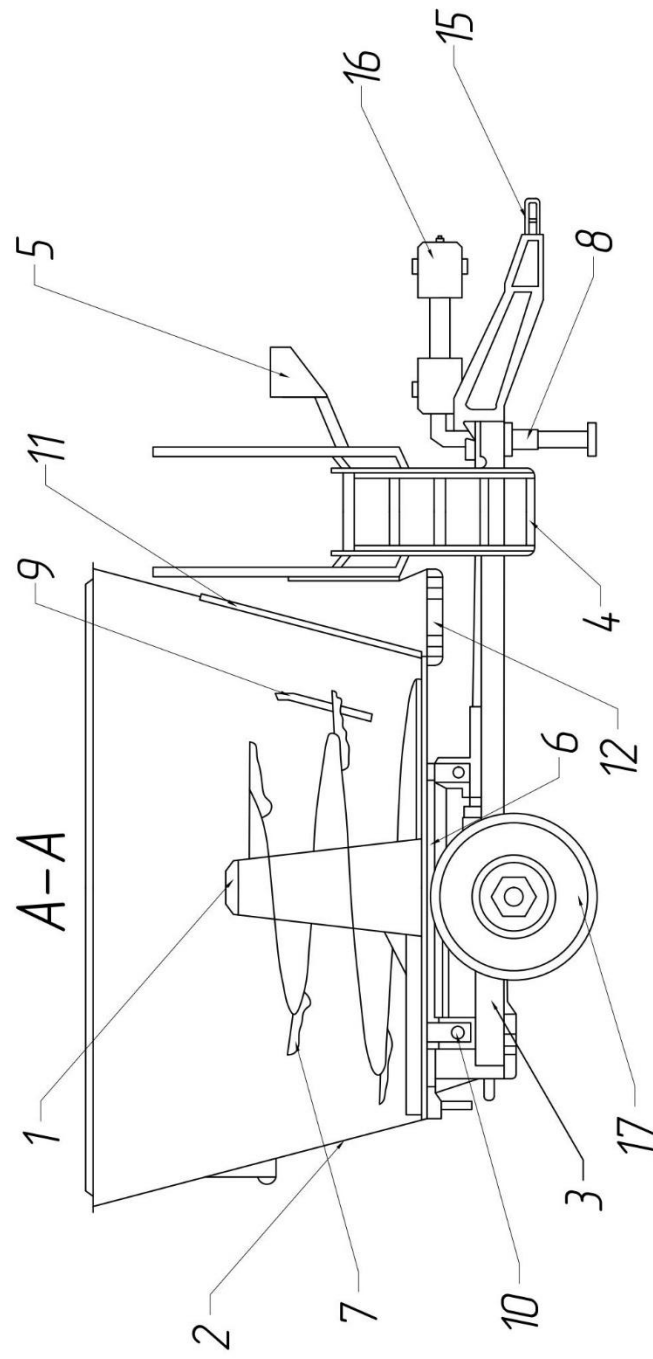
Змішування та
приготування корму



Рух кормосціміші

Доставка та роздавання корму

[illegible]



1. Призначення. Шнековий робочий орган призначений змішування, кормових сумішей з наступною роздачею.

- 2.1. Висота – 2800 мм;
- 2.2. Довжина – 4240 мм;
- 2.3. Ширина – 2200 мм;
- 2.4. Ширина колії – 1550 мм.

3. Робочий орган:

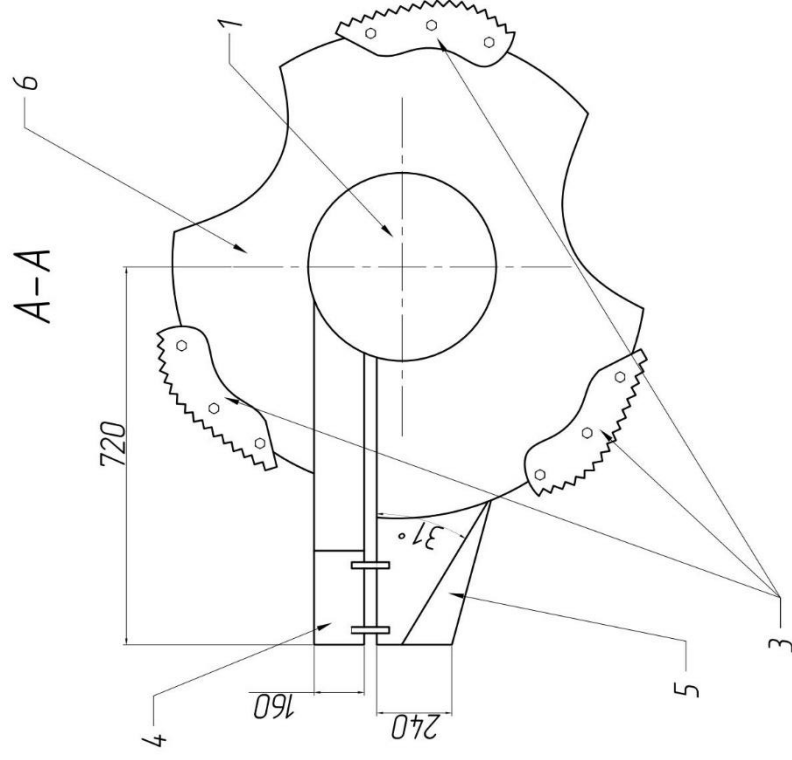
- 3.1. Частота обертання шнека, об/хв – 25;
- 3.2. Кількість ножів, од – 5;
- 3.3. Маса корму, кг – 3000;
- 3.4. Частота обертання ВВП, об/хв – 540;

3. Прибід

3.1. Передаточне відношення – 216.

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	к-ть.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			46 ДП.160.100.000.ВЗ	Кормозмішувач КСП-10		
				<u>Складальні одиниці</u>		
	1		46 КП.160.101.000.СК	Робочий орган	1	
	2		46 КП.160.102.000.СК	Бункер	1	
	3		46 КП.160.103.000.СК	Рама	1	
	4		46 КП.160.104.000.СК	Орглядова драбина	1	
	5		46 КП.160.105.000.СК	Дисплей системи зважування	1	
	6		46 КП.160.106.000.СК	Редуктор	1	
	8		46 КП.160.108.000.СК	Лапа стоянкова	1	
	10		46 КП.160.110.000.СК	Датчик системи зважування	1	
	11		46 КП.160.111.000.СК	Вибантажувальна горловина	1	
	12		46 КП.160.112.000.СК	Поперечний транспортер	1	
	13		46 КП.160.113.000.СК	Механічний показник ступеня заслінки	1	
	14		46 КП.160.114.000.СК	Гідропровід	8	
	15		46 КП.160.115.000.СК	Причепний механізм	1	
	16		46 КП.160.116.000.СК	Карданний вал	1	
	17		46 КП.160.117.000.СК	Колесо	2	
				<u>Деталі</u>		
	7		46 КП.160.101.003	Ніж	5	
	9		46 КП.160.109.000	Протирізальний пристрій	1	
				46 ДП.160.100.000.ВЗ		
Зм.	Арж.	№ докум.	Підпис	Дата	Кормозмішувач КСП-10	
Виконав	Гранкін П.О.					
Перевір.	Алієв Е.Б.					
Н. контр.	Юлеєв В.В.					
Затв.	Дудін В.Ю.					
					Літера.	Аркуш
						1
					Аркушів	1
					ДДАЕУ	
					Група АІ-3-22	



1. Невказані відхилення 17^{14}_2 .
2. Гострі кромки пригнати $1 \times 45^\circ$.
3. Торцеве диття фланців не більше 0,1 мм.
4. Несліпвісіність фланців не більше 0,05 мм.

Зн.	Акт	№ докум.	Получ.	Дата
Введен	Генерал	Генерал		
Получ.	Акт 1.1.	Акт 1.1.		
Итого	Всего 1.1.	Всего 1.1.		
1997	1997	1997		

46 ПП. 160.01.000 СК

Родовой орган

№ 15

—

Итого

Всего

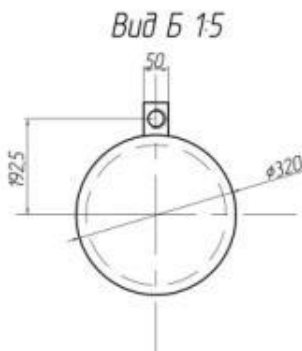
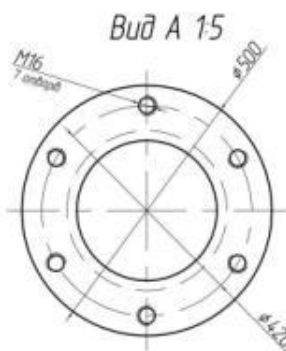
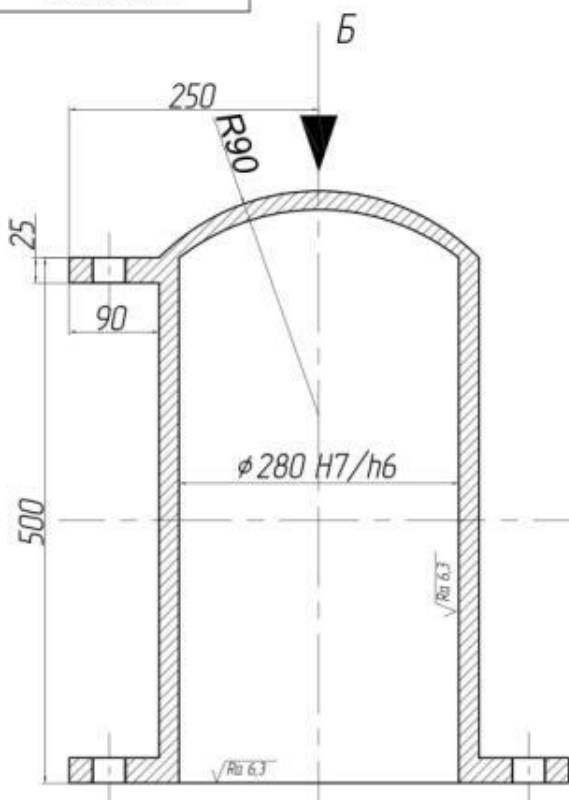
Всего

15
 —
 Итого
 Всего
 Всего

Подпись
 (Фамилия И.О.)

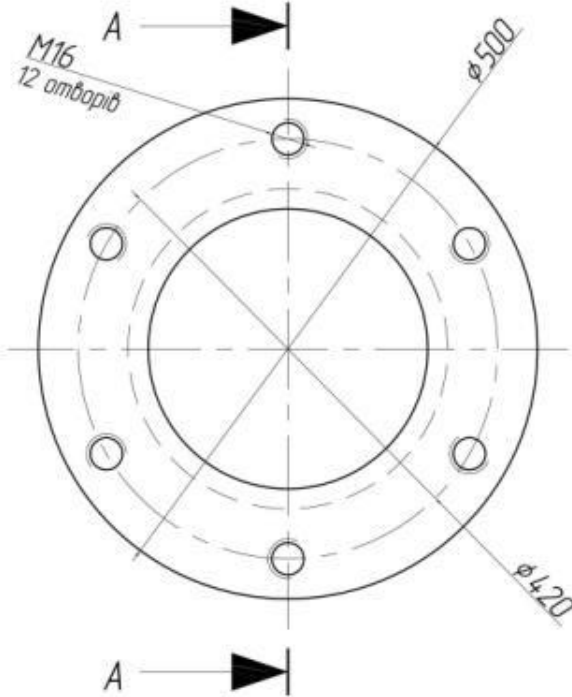
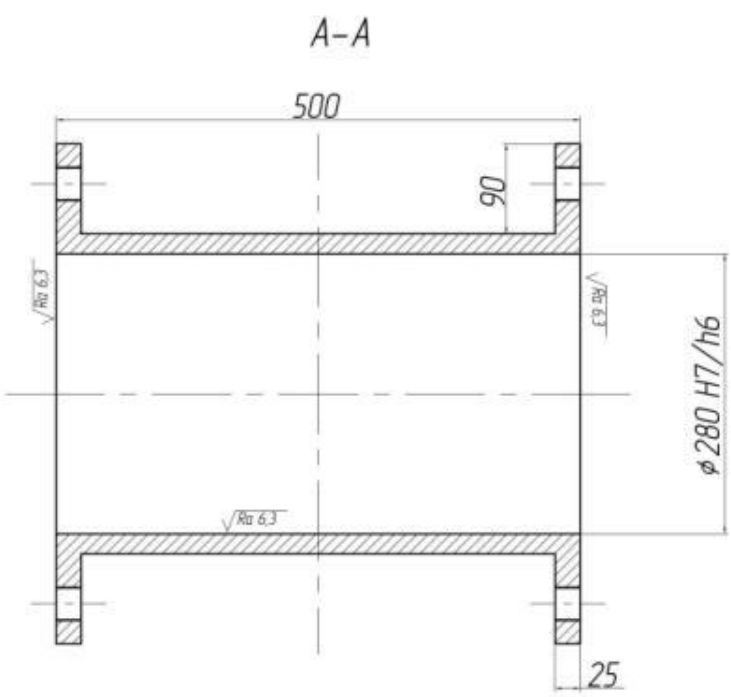
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	к-ть.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			46 ДП.160.101.000.СК	Робочий орган		
				<u>Деталі</u>		
		1	46 КП.160.101.001	Верхня секція валу	1	
		2	46 КП.160.101.002	Нижня та середня секції валу	2	
		3	46 КП.160.101.003	Ріжучі елементи (ножі)	5	
		4	46 КП.160.101.004	Скребок	1	
		5	46 КП.160.101.005	Відділювач	1	
		6	46 КП.160.101.006	Гвинтова поверхня	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		7		Болт М16 ГОСТ 7798-70	13	
		8		Гайка М16 ГОСТ 7798-70	13	
		9		Шайба 16 ГОСТ 11371-78	13	
		10		Болт М12 ГОСТ 7798-70	15	
		11		Гайка М12 ГОСТ 7798-70	15	
		12		Шайба 12 ГОСТ 11371-78	15	

					46 ДП.160.101.000.СК			
Зм.	Арж.	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав	Гранкін П.О.							
Перевір.	Алієв Е.Б.							
Н. контр.	Івлєв В.В.							
Затв.	Дудін В.Ю.							
					Робочий орган			Літера. Аркуш Аркушів
								1 1
								ДДАЕУ
								Група АІ-3-22



1. Невказані відхилення IT¹⁶/₂.
2. Невказані скруглення R=1.
3. Термообробка HRC 30.
4. Торцеве диття фланців не більше 0,1 мм.
5. Неспіввідповідність фланців не більше 0,05 мм.

46 КП.160.101.000			
Верхня секція валу			
Вид	Мат	Масштаб	1:25
А	-	-	-
АІSІ 5140			
Група АІ-3-32			



1. Невказані відхилення IT¹⁶/₂.
2. Невказані скруглення R=1.
3. Термообробка HRC 30.
4. Торцеве диття фланців не більше 0,1 мм.
5. Неспіввідповідність фланців не більше 0,05 мм.

46 КП.160.101.002			
Нижня та середня секції валу			
Вид	Мат	Масштаб	1:25
А	-	-	-
АІSІ 5140			
Група АІ-3-32			

46 117.160.000.000,00 €

Параметр	Значення	
	До вдосконалення	Після вдосконалення
Тривалість змішування кормосуміші, хв	8	6,5
Енерговитрати на змішування, кВт·год	0,96	0,78
Питома енергоємність, кВт·год/т	0,291	0,236
Річна економія коштів на пальному, грн	—	33332,6
Річна економія електроенергії, грн	—	3547,8
Річна економія заробітної плати, грн	—	14778
Вартість вдосконалення, грн	—	18500
Загальний економічний ефект, грн	—	33158,4
Термін окупності, місяці	—	7

[illegible]