

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 механізованої технологічної лінії
приготування кормів для ферми великої рогатої худоби з розробкою
подрібнювача коренеплодів**

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

_____ Кремпа Дмитро Олегович

Керівник: _____ Лупко Кристина Олегівна

Рецензент: _____ Носенко Євгеній Олегович

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

Кремпі Дмитру Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення механізованої технологічної лінії приготування кормів для ферми великої рогатої худоби з розробкою подрібнювача коренеплодів

керівник проєкту Лупко Кристина Олегівна, доктор філософії

(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 Аналіз сучасного стану тваринництва та наявних технологій приготування кормів. Проведення патентного пошуку, вивчення наукових публікацій і останніх досліджень за обраним напрямом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз технічних і технологічних рішень на фермах великої рогатої худоби. 2. Проєктування механізованої лінії приготування кормів на фермі великої рогатої худоби. 3. Розробка конструкції подрібнювача коренеплодів. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна ефективність проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографія. Додатки.

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

1. Технологічна схема (A1). 2. Вигляд загальний (A1). 3. Механізм подрібнювальний. Складальне креслення (A1). 4. Ніж (A4). 5. Лопатка вивантажувальна (A4). 6. Стакан (A4). 7. Вал (A3). 8. Болт (A4). 9. Диск подрібнювальний. Складальне креслення (A3). 10. Економічні показники (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Лупко К.О., доктор філософії	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

(підпис)

Кремпа Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Лупко К.О.

(прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
					<u>Текстові документи</u>			
1	A4	46ДП.182000.000.ПЗ			Пояснювальна записка	75		
					<u>Графічні матеріали</u>			
2	A1	46ДП.182000.000.ТС			Технологічна схема	1	1	
3	A1	46ДП.182000.000.ВЗ			Вигляд загальний	1	2	
4	A1	46ДП.182002.000.СК			Механізм подрібнювальний.	1	3	
					Складальне креслення			
5	A4	46ДР.182002.101			Ніж	1	4	
6	A4	46ДР.182002.102			Лопатка вивантажувальна	1	4	
7	A4	46ДР.182002.105			Стакан	1	4	
8	A3	46ДР.182002.106			Вал	1	4	
10	A4	46ДР.182002.108			Болт	1	4	
11	A3	46ДР.182002.100.СК			Диск подрібнювальний.	1	4	
					Складальне креслення			
11	A1	46ДП.182000.000.ПЕ			Економічні показники	1	5	

АНОТАЦІЯ

Кремпа Д.О. Удосконалення механізованої технологічної лінії приготування кормів для ферми великої рогатої худоби з розробкою подрібнювача коренеплодів / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У роботі виконано аналіз сучасних технічних і технологічних рішень, що застосовуються на фермах великої рогатої худоби, зокрема у сфері утримання тварин, приготування та роздавання кормів, а також механізації процесів подрібнення кормових компонентів. Розглянуто сучасні тенденції розвитку кормовиробництва та вимоги до ефективності технологічних процесів.

На основі проведеного аналізу розроблено проєкт механізованої лінії приготування кормів для ферми ВРХ, обґрунтовано вибір способу утримання тварин, сформовано структуру стада та визначено потребу у коренеплодах. Виконано розрахунок продуктивності технологічної лінії та розроблено технологічну схему підготовки і переробки кормів.

У роботі також запропоновано конструкцію подрібнювача коренеплодів, виконано аналіз існуючих аналогів, обґрунтовано вибір об'єкта модернізації, визначено його технологічні параметри, необхідну потужність приводу та проведено міцнісний розрахунок основних вузлів.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці та екологічної безпеки, а також оцінці техніко-економічної ефективності запропонованих рішень. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження розробленої технологічної лінії та удосконаленого подрібнювача коренеплодів у виробничі умови.

Ключові слова: велика рогата худоба, механізація кормовиробництва, кормові суміші, коренеплоди, технологічна лінія, подрібнювач кормів, кормоприготування, ферма, зоотехнічні вимоги, продуктивність обладнання, енергоспоживання, модернізація обладнання.

Зміст

Вступ	7
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ФЕРМАХ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ	10
1.1 Сучасні тенденції утримання великої рогатої худоби.....	10
1.2 Технології приготування і роздавання кормів для ВРХ.....	15
1.3 Механізація процесів подрібнення кормів.....	20
1.4 Висновки до розділу.....	25
2 ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ НА ФЕРМІ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ.....	26
2.1 Обґрунтування вибору способу утримання тварин на фермі та формування режиму її функціонування.....	26
2.2 Обґрунтування структури стада та розрахунок умовного поголів'я..	30
2.3 Визначення добової та разової потреби поголів'я у коренеплодах....	33
2.4 Зоотехнічні вимоги до системи переробки коренеплодів у кормовиробництві	37
2.5 Розробка та обґрунтування технології підготовки і переробки коренеплодів до згодовування.....	40
2.6 Розрахунок продуктивності технологічної лінії	42
2.7 Висновки до розділу.....	44
3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПОДРІБНЮВАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ	45
3.1 Зоотехнічні нормативи та вимоги до процесу подрібнення кормів. ..	45
3.2 Аналіз існуючих засобів механізації подрібнення та обґрунтування вибору об'єкта для модернізації.....	46
3.3 Характеристика технологічної схеми подрібнювача і принципу функціонування	50
3.4 Розрахунок технологічних параметрів подрібнювача.....	53
3.5 Визначення необхідної потужності приводу подрібнювача	54
3.6 Міцнісний розрахунок основних деталей подрібнювача	56
3.7 Висновки до розділу.....	57
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ..	58
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	61
ВИСНОВКИ	64
БІБЛІОГРАФІЯ	66
Додатки	69

Вступ

Сучасний розвиток тваринництва, зокрема галузі скотарства, характеризується зростанням вимог до ефективності виробництва, якості продукції та раціонального використання ресурсів. В умовах підвищеної конкуренції та необхідності забезпечення продовольчої безпеки особливого значення набуває впровадження інноваційних технологій і вдосконалення існуючих механізованих процесів на фермах великої рогатої худоби. Одним із ключових напрямів підвищення продуктивності тварин є організація повноцінної та збалансованої годівлі, що безпосередньо залежить від рівня механізації та технічного забезпечення процесів приготування кормів.

Раціональна годівля великої рогатої худоби передбачає використання різноманітних кормів, серед яких важливе місце займають коренеплоди як джерело легкозасвоюваних вуглеводів, вітамінів та мінеральних речовин. Однак ефективне використання коренеплодів у раціонах можливе лише за умови їх належної підготовки, зокрема очищення, подрібнення та змішування з іншими компонентами кормової суміші. Недостатній рівень механізації цих процесів призводить до значних втрат часу, підвищення трудомісткості та зниження якості кормів.

На більшості фермерських господарств існуючі технологічні лінії приготування кормів характеризуються моральним і фізичним зносом обладнання, недостатньою продуктивністю та низькою енергоефективністю. Крім того, окремі машини та механізми не забезпечують необхідної якості подрібнення кормових компонентів, що негативно впливає на їх засвоюваність тваринами та загальну продуктивність стада. У зв'язку з цим актуальним є питання модернізації та вдосконалення технологічних ліній із впровадженням більш ефективних конструкцій робочих органів, зокрема подрібнювачів коренеплодів.

Особливу увагу слід приділити процесу подрібнення коренеплодів, який є одним із найбільш енергоємних і відповідальних етапів приготування кормів.

Якість подрібнення визначає рівномірність змішування компонентів, доступність поживних речовин та рівень споживання корму тваринами. Недосконалість конструкцій існуючих подрібнювачів часто призводить до нерівномірного подрібнення, утворення надлишкової кількості дрібної фракції або, навпаки, великих часток, що знижує ефективність використання кормів.

Таким чином, удосконалення механізованої технологічної лінії приготування кормів із розробкою ефективного подрібнювача коренеплодів є важливим науково-технічним завданням, спрямованим на підвищення продуктивності тваринництва, зниження енерговитрат і покращення якості кормів.

Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу приготування кормів для ферми великої рогатої худоби шляхом удосконалення механізованої технологічної лінії та розробки конструкції подрібнювача коренеплодів, що забезпечує оптимальні параметри подрібнення та зниження енергоспоживання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- провести аналіз технічних і технологічних рішень на фермах великої рогатої худоби;
- дослідити технології приготування і роздавання кормів та засоби механізації процесів подрібнення кормів;
- обґрунтувати технологічні рішення щодо організації кормовиробництва та режиму роботи ферми;
- визначити структуру стада та потребу тварин у коренеплодах;
- розробити технологічну схему підготовки і переробки кормів та розрахувати продуктивність технологічної лінії;
- розробити конструкцію подрібнювача коренеплодів та виконати його інженерні розрахунки;
- розглянути питання охорони праці, екологічної безпеки та техніко-економічної ефективності проєкту.

Об'єктом дослідження є процес механізованого приготування кормів для великої рогатої худоби.

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні параметри подрібнювача коренеплодів та їх вплив на ефективність функціонування технологічної лінії.

Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження удосконаленої технологічної лінії та розробленого подрібнювача у виробничих умовах фермерських господарств, що дозволить підвищити продуктивність праці, знизити витрати енергії та забезпечити високу якість кормових сумішей.

Отже, обрана тема роботи є актуальною, має важливе теоретичне та практичне значення і спрямована на вирішення одного з ключових завдань сучасного тваринництва – підвищення ефективності кормовиробництва на основі вдосконалення технічних засобів і технологічних процесів.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ФЕРМАХ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

1.1 Сучасні тенденції утримання великої рогатої худоби

На сучасному етапі розвитку тваринництва спостерігається стійка тенденція до інтенсифікації виробництва продукції скотарства, що зумовлює необхідність удосконалення технологій утримання великої рогатої худоби. Основною метою впровадження нових технологічних рішень є підвищення продуктивності тварин, зниження витрат праці та ресурсів, а також забезпечення належного рівня добробуту тварин відповідно до сучасних зоотехнічних і ветеринарних вимог.

Серед існуючих технологій утримання великої рогатої худоби найбільш поширеними є три основні способи: прив'язний, комбінований та безприв'язний боксовий. Кожен із них має свої особливості, переваги та недоліки, що визначають доцільність їх застосування залежно від розмірів господарства, рівня механізації та економічних можливостей.

Прив'язний спосіб утримання (рис. 1.1) характеризується тим, що тварини в стійловий період постійно перебувають на фіксованих місцях – у стійлах, обладнаних індивідуальними годівницями та поїлками. Усі технологічні операції, включаючи годівлю, доїння, прибирання гною та ветеринарне обслуговування, виконуються безпосередньо на місці утримання тварин. Такий підхід забезпечує індивідуальний контроль за кожною твариною, однак супроводжується значними витратами ручної праці та обмеженням рухової активності худоби, що негативно впливає на її фізіологічний стан і продуктивність.

Комбінований спосіб є проміжним варіантом між прив'язним і безприв'язним утриманням. Він передбачає утримання тварин у стійлах, однак доїння здійснюється не в місцях утримання, а в спеціалізованих доїльних залах. Використання доїльних установок типу «Тандем»,

«Ялинка» або «Паралель» дозволяє підвищити продуктивність праці, покращити санітарні умови отримання молока та частково механізувати процес доїння. Разом з тим, зберігається значна частка ручної праці при обслуговуванні тварин, а також обмежується їх природна поведінка.

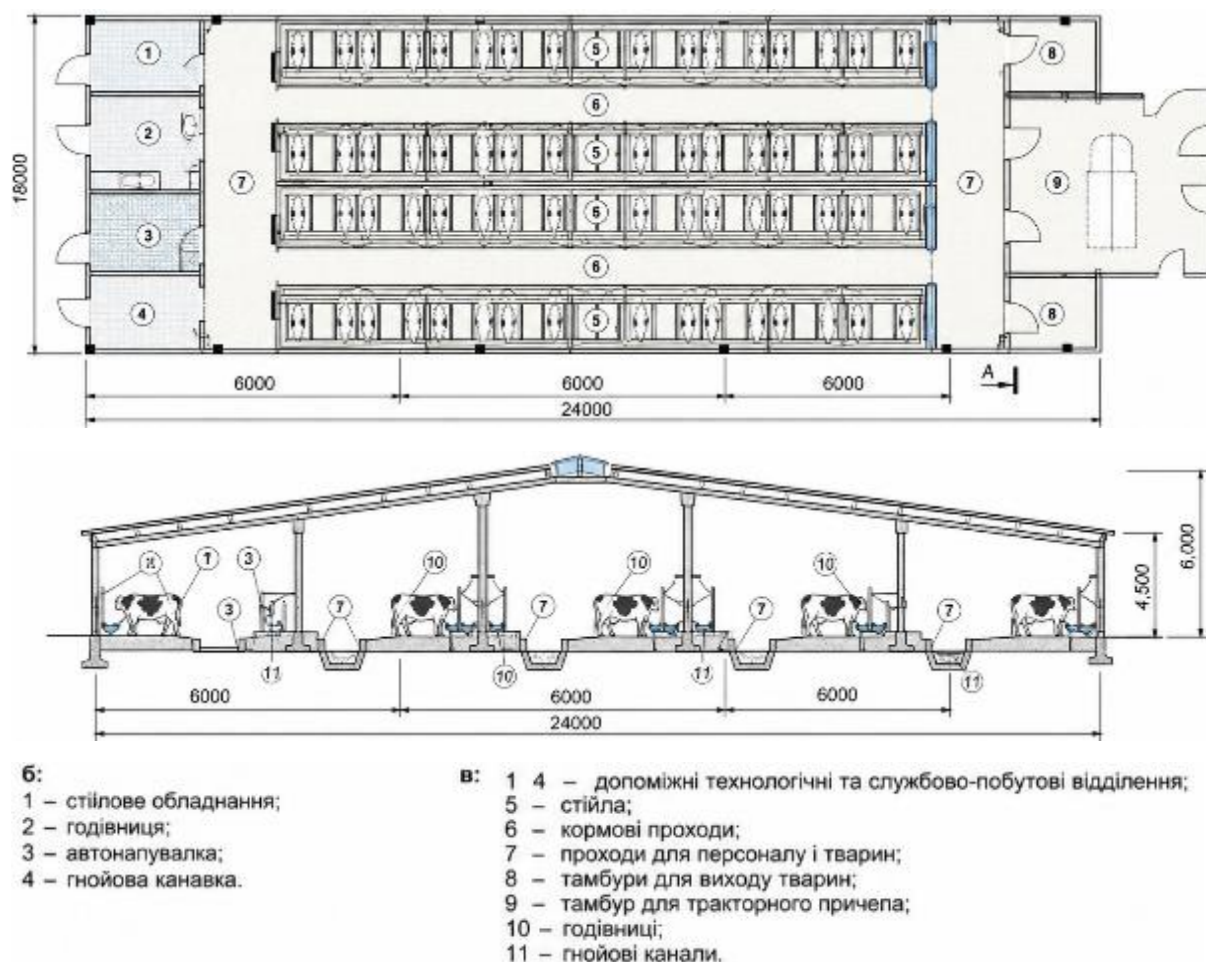


Рисунок 1.1 – План з перерізом приміщення для прив'язного утримання великої рогатої худоби

Найбільш прогресивним і перспективним на сьогодні є безприв'язний боксовий спосіб утримання (рис. 1.2). При цьому тварини утримуються без фіксації у спеціально обладнаних приміщеннях – корівниках, які поділяються на функціональні зони: місця для відпочинку (бокси), кормові проходи, гнойові канали та зони напування. Такий спосіб максимально наближений до природних умов існування тварин, забезпечує їм свободу пересування, що позитивно впливає на здоров'я та продуктивність.

Сучасні корівники безприв'язного типу мають напіввідкриту конструкцію. Вони, як правило, не мають суцільних капітальних стін, а обладнуються рухомими захисними шторами, що дозволяє ефективно регулювати мікроклімат у приміщенні залежно від погодних умов. У верхній частині даху розміщується світло-вентиляційний ліхтар, який забезпечує природне освітлення та вентиляцію. Такі конструктивні рішення сприяють підтриманню оптимального температурно-вологісного режиму без значних енергетичних витрат.

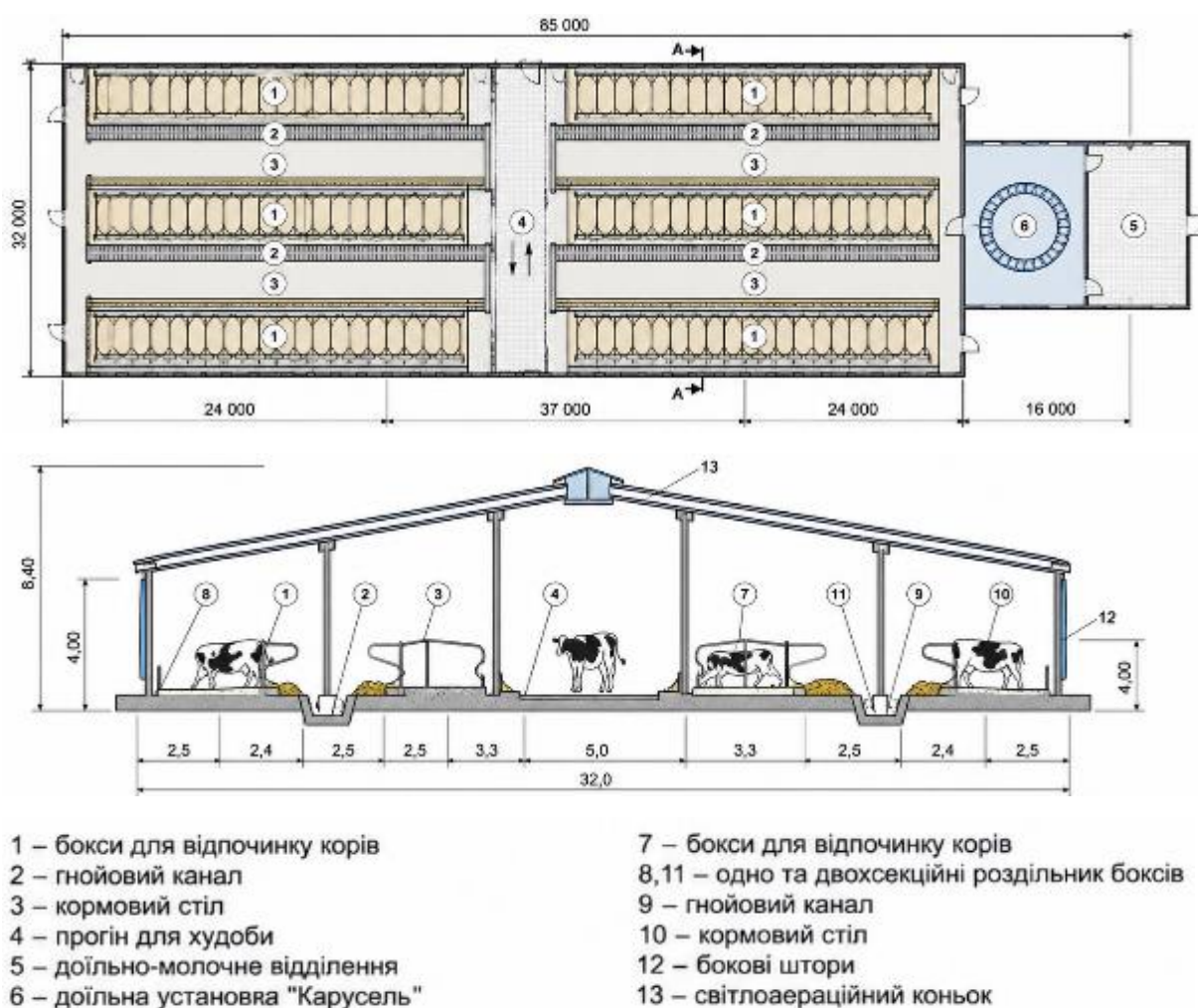


Рисунок 1.2 – План з перерізом приміщення для безприв'язно-боксового утримання великої рогатої худоби

Особливу роль у безприв'язному утриманні відіграє організація місць відпочинку тварин. Для цього використовуються індивідуальні бокси,

розміри яких підбираються з урахуванням фізіологічних особливостей худоби. Як підстилка застосовуються солома, пісок або сучасні гумові чи полімерні покриття, що забезпечують комфорт і знижують ризик травматизму. Важливим елементом є правильне розташування та конструкція боксів, що сприяє формуванню у тварин стабільних поведінкових навичок.

№	Складові виробничого процесу	Трудомісткість виконання в залежності від способу утримання					
		Прив'язний з доїнням у молокопровід		Комбінований спосіб		Безприв'язний боксовий	
							
		люд-год/рік	%	люд-год/рік	%	люд-год/рік	%
1	 Прив'язування, відв'язування та рух худоби	5,2	4,1	1,2	1,3	1,1	1,5
2	 Роздавання кормів	12,9	10,3	10,8	11,8	10,8	14,3
3	 Дойння та первинна обробка молока	40,0	31,8	17,6	19,3	17,6	23,2
4	 Чистка гадівниць та кормових проходів	24,3	19,3	20,3	22,2	10,5	13,9
5	 Очистка стійл та гнійових проходів	24,3	19,3	20,3	22,2	10,5	13,9
6	 Чистка корів	5,5	4,4	5,5	6,0	5,5	7,2
7	 Доставка та внесення підстилки	6,9	5,5	5,9	6,4	–	–
8	 Дойння та обслуговування корів в родильному відділенні	24,5	11,5	14,5	15,8	14,5	19,1
9	 ТО машин та обладнання	9,9	7,9	9,9	10,8	9,9	13,0
10	 Проведення зооветзаходів	2,1	1,7	1,5	1,6	1,5	2,0
Всього 		125,6	100	91,6	100	75,8	100

Рисунок 1.3 – Витрати праці на обслуговування однієї корови на рік при різних способах утримання

Годівля у таких системах організовується з кормових столів, які розташовуються вздовж приміщення. Для обмеження доступу та фіксації тварин використовуються спеціальні конструкції – кормові решітки або хедлоки. Вони дозволяють проводити ветеринарні та зоотехнічні заходи без значного стресу для тварин. Роздавання кормів здійснюється за допомогою сучасних кормороздавачів-змішувачів, які забезпечують підготовку повнораціонних кормосумішей і їх рівномірне розподілення.

Важливою складовою сучасних технологій є автоматизація процесів годівлі та обліку продуктивності. У передових господарствах застосовуються кормові станції з індивідуальною ідентифікацією тварин, що дозволяє точно дозувати концентровані корми залежно від продуктивності кожної корови. Це сприяє підвищенню ефективності використання кормів і зниженню витрат.

Система видалення гною в безприв'язних корівниках також зазнала значних змін. Використовуються скреперні установки або бульдозерні механізми, які забезпечують регулярне очищення проходів. У деяких випадках застосовується щілинна підлога, під якою розміщуються гнойові канали. Це дозволяє автоматизувати процес видалення відходів і покращити санітарний стан приміщення.

Доїння корів при безприв'язному утриманні здійснюється в доїльних залах або за допомогою роботизованих доїльних систем. Використання сучасних доїльних установок забезпечує високу якість молока, зменшує трудові витрати та підвищує продуктивність праці. Останнім часом все більшого поширення набувають роботизовані системи доїння, які дозволяють тваринам самостійно обирати час доїння, що позитивно впливає на їх фізіологічний стан.

Порівняльний аналіз різних способів утримання показує, що безприв'язний боксовий спосіб є найбільш ефективним з точки зору витрат праці та енергії. Він дозволяє зменшити трудомісткість обслуговування тварин майже вдвічі порівняно з прив'язним утриманням, а також значно скоротити витрати енергії та матеріальних ресурсів. Крім того, підвищується рівень автоматизації виробництва та знижується залежність від людського фактора.

Разом з тим, впровадження безприв'язного утримання потребує значних капітальних вкладень у будівництво або реконструкцію приміщень, придбання сучасного обладнання та підготовку персоналу. Високі вимоги висуваються до кваліфікації обслуговуючого персоналу, оскільки

управління сучасними технологічними процесами вимагає відповідних знань і навичок.

Сучасні тенденції розвитку скотарства також включають цифровізацію виробництва. Використання систем моніторингу стану тварин, автоматизованого обліку продуктивності, датчиків активності та здоров'я дозволяє оперативно реагувати на зміни у фізіологічному стані корів і підвищувати ефективність управління стадом. Такі системи сприяють зниженню захворюваності, покращенню відтворення та збільшенню надоїв.

Отже, сучасні тенденції утримання великої рогатої худоби спрямовані на перехід до більш прогресивних, ресурсозберігаючих і автоматизованих технологій, серед яких провідне місце займає безприв'язний боксовий спосіб. Його впровадження дозволяє досягти високих виробничих показників, забезпечити комфортні умови для тварин і підвищити економічну ефективність господарств.

1.2 Технології приготування і роздавання кормів для ВРХ

Сучасне тваринництво, зокрема виробництво молока і яловичини, базується на високому рівні механізації та автоматизації технологічних процесів, серед яких ключове місце займають приготування і роздавання кормів. Саме від якості організації кормоприготування значною мірою залежить продуктивність великої рогатої худоби (ВРХ), ефективність використання кормів, рівень їх засвоєння, а також собівартість тваринницької продукції. Технології підготовки кормів до згодовування включають комплекс фізичних, хімічних, теплових, біологічних і комбінованих способів обробки, які реалізуються за допомогою відповідних машин і технологічних ліній кормоцехів.

Розрізняють кілька основних способів підготовки кормів до згодовування, що формують основу сучасних технологічних рішень у

кормовиробництві. Найбільш поширеними є механічні, хімічні, теплові, біологічні та баротермічні способи обробки кормової сировини. Кожен із них має свої особливості, переваги та обмеження, а також відповідну сферу застосування залежно від виду кормів і технології утримання тварин.

Механічні способи підготовки кормів є найбільш універсальними і широко застосовуються у практиці тваринництва. До них відносять подрібнення, плющення, дозування, змішування, ущільнення та інші операції. Подрібнення є базовою операцією, яка забезпечує зменшення розмірів часток корму, що сприяє покращенню поїдання та засвоюваності поживних речовин. Крім того, подрібнення створює сприятливі умови для подальшого змішування компонентів раціону, забезпечуючи їх рівномірний розподіл у кормовій суміші. Плющення зернових кормів дозволяє покращити їх перетравність, особливо для молодняку ВРХ.

Дозування і змішування є ключовими операціями у формуванні повнораціонних кормових сумішей. Дозування забезпечує точне співвідношення компонентів раціону відповідно до зоотехнічних норм годівлі, а змішування гарантує однорідність кормової маси. Ущільнення кормів застосовується переважно для полегшення транспортування, зберігання та механізованого роздавання. Механічні способи в сукупності формують основу більшості технологічних ліній кормоцехів на фермах ВРХ.

Хімічні способи підготовки кормів ґрунтуються на обробці сировини різними хімічними речовинами, такими як соляна кислота, луг, вапняне молоко, аміак та інші. Основною метою таких методів є зміна хімічного складу кормів для підвищення їх перетравності. Найчастіше хімічній обробці піддають грубі корми, зокрема солому, яка має високий вміст клітковини. Під дією хімічних реагентів відбувається часткове руйнування целюлозно-лігнінового комплексу, що сприяє кращому засвоєнню вуглеводів у шлунково-кишковому тракті тварин.

Разом з тим, хімічні способи потребують обережного застосування,

оскільки неправильне дозування реагентів може призвести до негативного впливу як на тварин, так і на металеві елементи обладнання. Саме тому вони застосовуються переважно у спеціалізованих технологічних лініях і рідше використовуються в масовому виробництві кормів, хоча їх ефективність для обробки грубих кормів залишається високою.

Теплові способи обробки кормів включають запарювання, варіння, сушіння, обсмажування, випарювання та стерилізацію. Вони застосовуються для знищення мікроорганізмів, цвілі та шкідливої мікрофлори, а також для покращення санітарної якості кормів. Запарювання грубих і концентрованих кормів сприяє їх розм'якшенню та підвищенню поїдання. Особливо важливим є тепловий вплив у технологіях приготування кормів для молодняку ВРХ, де вимоги до безпечності корму є підвищеними.

Біологічні способи підготовки кормів базуються на використанні мікроорганізмів і ферментативних процесів. До них відносять силосування, дріжджування, пророщування, осолоджування та самонагрівання. Силосування є одним із найпоширеніших способів консервування зелених кормів, що дозволяє зберегти поживні речовини протягом тривалого періоду. Дріжджування зернових кормів підвищує вміст білка і покращує їх дієтичні властивості, що особливо важливо для високопродуктивних тварин. Пророщування зерна активізує ферментативні процеси та підвищує біологічну цінність корму.

Осолоджування застосовується для крохмалевмісних кормів і полягає у додаванні солоду до попередньо прогрітого корму. У результаті частина крохмалю перетворюється на мальтозу, що підвищує енергетичну цінність і покращує смакові властивості корму. Біологічні методи є екологічно безпечними та економічно доцільними, однак потребують дотримання технологічної дисципліни.

Баротермічний спосіб обробки кормів передбачає вплив високої температури і тиску одночасно. Така обробка здійснюється у спеціальних камерах при температурі 162–165°C і тиску близько 650 кПа. У результаті

відбуваються глибокі фізико-хімічні зміни структури корму, підвищується доступність поживних речовин, зокрема вуглеводів. Баротермічна обробка є високоефективною, але енергоємною технологією, яка застосовується переважно у промислових кормоцехах.



Рисунок 1.4 – Схема класифікації методів підготовки кормів перед згодовуванням

Технологічні схеми підготовки кормів до згодовування формуються залежно від виду кормової сировини, фізіологічної групи тварин, рівня механізації господарства та прийнятого типу годівлі. Для грубих кормів, таких як сіно і солома, найчастіше використовують схему: подрібнення → дозування → змішування. У більш складних варіантах додається теплова або біологічна обробка, що дозволяє підвищити поживну цінність корму.

Для коренебульбоплодів характерними є схеми з попереднім миттям, подрібненням і змішуванням. У деяких випадках застосовується запарювання або дріжджування, що дозволяє покращити перетравність крохмалю та загальну засвоюваність корму. Такі технології широко використовуються у свинарстві, але також знаходять застосування у годівлі ВРХ, особливо в зимовий період.



Рисунок 1.5 – Найбільш розповсюджені технологічні схеми підготовки кормових компонентів до згодовування та приготування кормових сумішей

Зернові корми проходять очищення, подрібнення, а також можуть піддаватися осолоджуванню, дріжджуванню, екструзії або мікронізації. Ці процеси спрямовані на підвищення біологічної доступності поживних речовин і зниження антипоживних факторів. Екструзія, зокрема, дозволяє значно підвищити засвоюваність кормів завдяки короткочасному впливу високої температури і тиску.

Вибір технології кормоприготування є багатофакторним процесом і залежить від наявної кормової бази, якості сировини, типу утримання тварин і виробничих умов господарства. Технологія кормоприготування являє собою раціонально побудовану систему послідовних операцій обробки кормів, метою якої є отримання повноцінних і збалансованих кормових сумішей, готових до згодовування.

Машини, які виконують технологічні операції, утворюють систему технологічного обладнання кормоцехів. До нього відносять подрібнювачі, змішувачі, дозатори, транспортери, запарники, екструдери та інші агрегати. Важливу роль відіграє також допоміжне обладнання, яке забезпечує транспортування і безперервність процесу. Саме комплексна механізація дозволяє створити потокові технологічні лінії, які мінімізують ручну працю та підвищують продуктивність.

Роздавання кормів є завершальним етапом технологічного процесу годівлі ВРХ і також потребує високого рівня механізації. Для цього застосовуються кормороздавачі різних типів: стаціонарні, мобільні, самохідні та причіпні. Вони забезпечують рівномірну видачу корму відповідно до раціону кожної групи тварин. Використання механізованих систем роздавання дозволяє зменшити втрати кормів, підвищити точність годівлі та знизити трудові витрати.

Таким чином, сучасні технології приготування і роздавання кормів для ВРХ базуються на комплексному використанні механічних, хімічних, теплових, біологічних і комбінованих способів обробки кормової сировини. Їх реалізація здійснюється через систему технологічних ліній і спеціалізованого обладнання, що забезпечує високий рівень механізації, ефективність виробництва та підвищення продуктивності тваринництва.

1.3 Механізація процесів подрібнення кормів

Подрібнення кормів є одним із ключових технологічних процесів у системі підготовки кормів до згодовування у тваринництві. Його основне призначення полягає у зменшенні розмірів частинок вихідної сировини до таких значень, які забезпечують максимальну ефективність засвоєння поживних речовин, зручність транспортування, змішування та рівномірного розподілу в раціонах тварин.

У сучасних умовах інтенсифікації тваринництва подрібнення розглядається не лише як механічне руйнування матеріалу, а як важливий біотехнологічний фактор, що безпосередньо впливає на продуктивність тварин, ефективність використання кормів та енергетичні витрати виробництва.

Подрібнення являє собою процес руйнування структури кормового матеріалу під дією зовнішніх механічних сил із утворенням частинок меншого розміру. Основною метою цього процесу є отримання продукту з

оптимальною крупністю, що відповідає фізіологічним потребам тварин та технологічним вимогам кормоприготування.

Зоотехнічні вимоги до подрібнених кормів визначаються видом тварин, їх віком і напрямом продуктивності. Надмірно велика фракція знижує поїдання та засвоєння корму, тоді як надмірне подрібнення призводить до втрат поживних речовин, утворення пилу та погіршення фізіологічних показників годівлі.

Для зернових кормів оптимальним вважається середній ступінь подрібнення, при якому забезпечується підвищення продуктивності тварин на 10–15%. Для грубих кормів важливим є не тільки зменшення довжини частинок, а й розщеплення волокон уздовж їх структури, що підвищує поїдання.

З фізичної точки зору подрібнення базується на руйнуванні матеріалу внаслідок розвитку внутрішніх напружень, які перевищують межу міцності. У реальних кормах (зерно, стеблові матеріали, коренеплоди) завжди присутні мікрODEфекти структури, що значно знижують опір руйнуванню.

Основними способами механічного подрібнення є:

- раздавлювання – руйнування під дією стискаючих сил;
- перетирання – руйнування внаслідок зсуву шарів матеріалу;
- ударне розбивання – швидке динамічне навантаження;
- різання – локальне руйнування за рахунок дії леза.

Кожен із цих способів характеризується різним рівнем енергоспоживання. Найбільш енергоефективним є різання, тоді як ударне подрібнення є найбільш інтенсивним, але менш контрольованим.

Енергетичні витрати процесу подрібнення залежать від фізико-механічних властивостей корму (міцності, вологості, структури), конструкції машини та ступеня подрібнення. У загальному випадку енергія витрачається як на деформацію матеріалу, так і на утворення нових поверхонь.

Різання є найбільш керованим способом подрібнення кормів. Воно

дозволяє отримувати частинки заданої довжини з мінімальними втратами енергії та поживних речовин.

Розрізняють три основні режими різання:

- нормальне (без ковзання),
- похиле (часткове ковзання),
- ковзне (з максимальним ковзанням).

Найбільш ефективним є ковзне різання, при якому знижується опір матеріалу і забезпечується чистий розріз.

У кормоприготувальній техніці також широко застосовується ударне подрібнення, яке реалізується у молоткових та штифтових машинах. Його перевагою є універсальність, а недоліком — нерівномірність гранулометричного складу.

Механізація процесу подрібнення передбачає використання спеціалізованих машин, які забезпечують безперервність, продуктивність і стабільність технологічного процесу. Основними типами подрібнювальних машин є:

- ножові різальні машини;
- штифтові подрібнювачі;
- молоткові дробарки;
- комбіновані агрегати.

Кожен тип має свою область застосування залежно від виду кормової сировини та вимог до кінцевого продукту.

Особливе місце у системі підготовки кормів займає подрібнення коренеплодів, оскільки ця група кормів має специфічні фізико-механічні властивості: високу вологість, щільну структуру, значний вміст цукрів та високу схильність до забруднення.

До коренеплодів відносяться буряк, морква, бруква, турнепс та інші культури, які широко використовуються у годівлі великої рогатої худоби та свиней.

Перед подрібненням коренеплоди обов'язково проходять підготовчі

операції:

- очищення від ґрунту та домішок;
- миття;
- іноді попереднє сортування.

Основною технологічною операцією є різання, яке виконується коренерізками або універсальними кормоприготувальними машинами.

Зоотехнічні вимоги до подрібнення коренеплодів. Розмір часток коренеплодів регламентується видом тварин:

- для великої рогатої худоби — 10–15 мм;
- для телят і свиней — 5–10 мм;
- для птиці — 3–4 мм.

Надто великі шматки знижують поїдання, а надто дрібне подрібнення призводить до втрат соку та поживних речовин.

Після миття залишкова забрудненість не повинна перевищувати 2%, оскільки домішки ґрунту погіршують якість корму і зношують робочі органи машин.

Коренеплоди відрізняються від зернових і стеблових кормів пластично-в'язкою структурою, тому їх руйнування відбувається переважно шляхом різання з елементами роздавлювання.

Опір різанню залежить від:

- сорту культури;
- вологості;
- щільності тканин;
- кута заточування ножів;
- наявності забруднень.

Середній питомий опір різанню коренеплодів становить приблизно 1,5–2,0 кН/м, що значно менше, ніж у грубих кормів, але супроводжується виділенням соку при неправильному режимі обробки.

Механізація процесу подрібнення коренеплодів. Для подрібнення коренеплодів застосовують спеціальні коренерізки, а також універсальні

кормоприготувальні машини. Основним робочим органом є ножовий апарат, який здійснює різання матеріалу на пластини або скибки заданої товщини.

Типова схема включає:

- живильний транспортер;
- мийний пристрій;
- різальний апарат;
- вивантажувальний механізм.

У промислових умовах коренеплоди часто подрібнюють безпосередньо перед згодовуванням (не більше ніж за 1–2 години), щоб уникнути бродіння, втрати цукрів і псування.

У сучасних технологіях подрібнення коренеплодів часто поєднується з іншими процесами:

- змішуванням із концентратами;
- силосуванням у складі комбінованих кормів;
- термічною обробкою (для картоплі у свинарстві).

Особливо ефективним є використання комбінованого силосу, де коренеплоди подрібнюються разом із зеленими кормами та добавками, що підвищує поживність і стабільність раціону.

Таким чином, процес механізації подрібнення кормів є складною багатофакторною системою, що поєднує фізичні закономірності руйнування матеріалів, конструктивні особливості машин і зоотехнічні вимоги до кормів.

Окреме місце в цій системі займає подрібнення коренеплодів, яке характеризується специфічними фізико-механічними властивостями сировини та високими вимогами до якості кінцевого продукту. Саме правильна організація цього процесу забезпечує високу ефективність годівлі та раціональне використання поживних речовин у тваринництві.

1.4 Висновки до розділу

Проведено аналіз сучасних технічних і технологічних рішень на фермах великої рогатої худоби, а також розглянуто основні підходи до організації годівлі та механізації кормоприготування.

Встановлено, що сучасне скотарство розвивається у напрямі інтенсифікації виробництва, автоматизації технологічних процесів та підвищення рівня добробуту тварин. Найбільш ефективним способом утримання ВРХ є безприв'язна боксово-стійлова система, яка забезпечує оптимальні умови утримання, зниження витрат праці та підвищення продуктивності.

Аналіз технологій приготування і роздавання кормів показав, що найбільш перспективними є комплексні механізовані та автоматизовані лінії, які поєднують механічні, біологічні та теплові способи обробки кормів. Це дозволяє підвищити якість кормових сумішей і ефективність їх використання.

Окрему увагу приділено процесу подрібнення кормів як базовій операції кормоприготування. Встановлено, що саме ступінь і якість подрібнення істотно впливають на поїдання, перетравність і продуктивність тварин. Особливо специфічним є подрібнення коренеплодів, яке вимагає спеціалізованих машин і дотримання зоотехнічних вимог до розміру часток та якості обробки.

Загалом сучасні технологічні рішення в годівлі ВРХ спрямовані на комплексну механізацію процесів, зниження енерговитрат і підвищення ефективності виробництва тваринницької продукції.

2 ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ НА ФЕРМІ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

2.1 Обґрунтування вибору способу утримання тварин на фермі та формування режиму її функціонування

Велику рогату худобу в сучасних умовах господарювання утримують переважно двома основними способами: прив'язним і безприв'язним. Кожен із цих способів має свої технологічні особливості, переваги та недоліки, які необхідно враховувати під час проєктування ферми, організації виробничих процесів і вибору технічних засобів, зокрема механізованих ліній приготування та роздавання кормів.

Безприв'язний спосіб утримання набув значного поширення завдяки своїй технологічній гнучкості та можливості підвищення рівня механізації й автоматизації виробничих процесів. Він реалізується у двох основних варіантах: утримання на глибокій підстилці з вільним вигулом і утримання у боксах або комбібоксах. У першому випадку тварини мають змогу вільно пересуватися як у приміщенні, так і на вигульних майданчиках, самостійно обираючи місце для відпочинку, приймання корму та води. Такий підхід сприяє зниженню стресу у тварин, покращує їх фізіологічний стан і позитивно впливає на загальну продуктивність.

Варіант утримання у боксах передбачає групове розміщення тварин у спеціально обладнаних секціях, де кожна корова має індивідуальне місце для відпочинку. Для підвищення комфорту та оптимізації процесу годівлі поряд із боксами облаштовують кормові зони або так звані комбібокси. Перед годівницями передбачаються кормові проходи, ширина яких, як правило, становить не менше 2,2 м, що забезпечує безперешкодний рух кормороздавальної техніки. Проходи між боксами використовуються для

видалення гною, яке може здійснюватися як механізованими засобами (скреперні установки, транспортери), так і за допомогою мобільної техніки.

Доїння корів при безприв'язному утриманні, незалежно від конкретного варіанту, зазвичай здійснюється у спеціалізованих доїльних залах, обладнаних сучасними доїльними установками типу «ялинка», «паралель» або «карусель». Це дозволяє значно підвищити продуктивність праці операторів машинного доїння, забезпечити високий рівень гігієни та якості молока.

Перевагами безприв'язного способу утримання є зниження трудомісткості обслуговування тварин, скорочення витрат на обладнання та будівництво, а також можливість широкого впровадження поточкових і автоматизованих технологій. Зменшення витрат праці та амортизаційних відрахувань сприяє зниженню собівартості продукції. Водночас цей спосіб потребує значних запасів кормів і підстилкових матеріалів, а також ретельної організації технологічних процесів, зокрема приготування та роздавання кормів.

Прив'язний спосіб утримання великої рогатої худоби, хоча і є більш традиційним, досі широко використовується, особливо на фермах середнього та малого розміру. За цього способу кожна тварина утримується в індивідуальному стійлі, де вона фіксується за допомогою прив'язі або спеціальних самофіксуючих пристроїв. Стійла обладнуються годівницями, напувалками та гнойовими каналами. Розміщення стійл зазвичай виконується у вигляді паралельних рядів, що забезпечує зручність обслуговування та організацію технологічних процесів.

У зимовий період тварини перебувають у приміщеннях із обов'язковим моціоном на вигульних майданчиках, тоді як у літній період їх утримують на вигульно-кормових дворах або у літніх таборах. Роздавання кормів здійснюється за допомогою стаціонарних або мобільних кормороздавачів, що переміщуються вздовж кормових проходів. Видалення

гною проводиться за допомогою транспортерів або скреперних установок з подальшим вивантаженням у транспортні засоби.

Доїння при прив'язному утриманні може здійснюватися як у молокопровід, так і з використанням переносних доїльних апаратів. Такий підхід дозволяє індивідуально контролювати стан кожної тварини, її продуктивність і раціон годівлі. Саме індивідуалізація обслуговування є однією з основних переваг прив'язного способу, оскільки вона дає змогу більш точно враховувати фізіологічні особливості тварин, раціонально використовувати корми та досягати високих показників продуктивності.

Разом із тим, прив'язний спосіб утримання має суттєвий недолік — значну трудомісткість виробничих процесів. Велика частка ручної праці, необхідність індивідуального обслуговування кожної тварини та обмежені можливості автоматизації призводять до підвищення витрат праці та, відповідно, збільшення собівартості продукції.

На фермі великої рогатої худоби передбачається одночасне утримання дійного стада та поголів'я на відгодівлі. З урахуванням технологічних особливостей і економічної доцільності для дійного стада обрано прив'язний спосіб утримання, який забезпечує індивідуальний підхід до кожної корови та стабільні показники надоїв. Для молодняку та тварин на відгодівлі доцільно застосовувати безприв'язний спосіб утримання, що дозволяє зменшити витрати праці та підвищити ефективність використання виробничих площ.

Важливим елементом організації виробництва на фермі є встановлення раціонального режиму її роботи. Режим роботи визначає послідовність і тривалість виконання основних технологічних операцій, забезпечує узгодженість дій обслуговуючого персоналу та відповідає фізіологічним потребам тварин. Правильно організований режим роботи сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню умов утримання тварин і зниженню виробничих витрат.



Рационально організований режим роботи ферми сприяє зниженню витрат праці, покращенню умов утримання тварин та підвищенню ефективності виробництва.



Рисунок 2.1 – Режим роботи ферми великої рогатої худоби

На даній фермі прийнято двозмінний режим роботи, що дозволяє рівномірно розподілити навантаження між працівниками та забезпечити своєчасне виконання всіх технологічних операцій. У першій зміні виконуються основні роботи, пов'язані з ранковим доглядом за тваринами: очищення годівниць від залишків корму, прибирання гною, роздавання кормів, доїння корів, організація виходу та проведення зоотехнічних заходів. Особливу увагу приділяють якості приготування кормів, оскільки саме від цього залежить ефективність годівлі та продуктивність тварин.

Друга зміна передбачає виконання ветеринарно-санітарних робіт, повторне очищення приміщень, організацію вечірнього виходу, доїння та роздавання кормів. Завершується зміна прибиранням робочих місць і передачею поголів'я нічному обслуговуючому персоналу. Така організація праці забезпечує безперервність виробничого процесу та належний рівень догляду за тваринами протягом доби.

Отже, обґрунтований вибір способу утримання великої рогатої худоби та раціональна організація режиму роботи ферми є важливими передумовами ефективного функціонування господарства. Вони безпосередньо впливають на вибір і параметри механізованих технологічних ліній, зокрема систем приготування кормів, що є ключовим елементом у забезпеченні високої продуктивності тваринництва.

2.2 Обґрунтування структури стада та розрахунок умовного поголів'я

Раціональна організація виробництва на фермі великої рогатої худоби неможлива без чіткого визначення структури стада та розрахунку умовної кількості поголів'я. Саме ці показники є базовими для подальшого обґрунтування потреб у кормах, визначення продуктивності технологічних ліній, підбору машин і обладнання, а також розрахунку економічної ефективності виробництва.

Під структурою стада розуміють відсоткове співвідношення різних статевих-вікових груп тварин у загальному поголів'ї. Вона формується залежно від виробничого напрямку господарства (молочний, м'ясний або комбінований), рівня інтенсивності виробництва, технології утримання та відтворення стада. Правильно сформована структура стада забезпечує безперервність виробничого процесу, оптимальне використання кормів і стабільне отримання продукції.

Знання структури стада дозволяє визначити кількість тварин у кожній групі, що, у свою чергу, є необхідним для розрахунку добових і річних норм годівлі, визначення навантаження на технологічне обладнання та планування режимів роботи ферми.

Кількість тварин у кожній статевих-віковій групі визначається за формулою:

$$m_{\text{гр}} = M \cdot \delta / 100$$

де M – загальна кількість поголів'я у стаді, гол.; δ – частка відповідної групи у структурі стада, %; $m_{\text{гр}}$ – кількість тварин у групі, гол.

Для дійного стада приймається така структура:

- корови дійні – 80%;
- корови сухостійні – 15%;
- телята до 20-денного віку – 5%.

При загальній кількості дійного стада $M = 99$ голів отримаємо:

$$m_{\text{д}} = 99 \cdot 80/100 = 79 \text{ гол.}$$

$$m_{\text{сух}} = 99 \cdot 15/100 = 15 \text{ гол.}$$

$$m_{\text{тел}} = 99 \cdot 5/100 = 5 \text{ гол.}$$

Отже, структура дійного стада забезпечує домінування продуктивної частини (дійних корів), що є економічно доцільним для молочного напрямку господарства.

Для відгодівельного стада структура приймається такою:

- телята віком від 20 днів до 6 місяців – 34%;
- телята від 6 до 12 місяців – 33%;

– молодняк від 12 до 18 місяців – 33%.

При загальній кількості відгодівельного поголів'я $M = 125$ голів маємо:

$$m_{1\text{тел}} = 125 \cdot 34/100 = 43 \text{ гол.}$$

$$m_{2\text{тел}} = 125 \cdot 33/100 = 41 \text{ гол.}$$

$$m_{\text{худ}} = 125 \cdot 33/100 = 41 \text{ гол.}$$

Такий розподіл забезпечує рівномірне надходження тварин на відгодівлю та їх вибуття, що дозволяє стабілізувати виробничий процес і оптимізувати використання кормових ресурсів.

Однак для інженерних розрахунків, пов'язаних із проєктуванням технологічних ліній, важливо враховувати не лише кількість тварин, а й їхню умовну масу або навантаження на обладнання. З цією метою вводиться поняття умовної голови, яке дозволяє привести різні групи тварин до єдиного еквівалента.

Умовна кількість поголів'я визначається за формулою:

$$M_{\text{ум}} = \sum_{i=1}^n m_{\text{гр},i} \cdot K_{\text{ум},i},$$

де n – кількість статеві-вікових груп; $m_{\text{гр},i}$ – кількість тварин у i -тій групі, гол.; $K_{\text{ум},i}$ – коефіцієнт переведення в умовні голови.

Для дійного стада (з урахуванням коефіцієнтів переведення):

$$M_{\text{ум}}^{\text{д}} = 79 \cdot 1,0 + 15 \cdot 0,8 + 5 \cdot 0,5 = 79 + 12 + 2,5 = 93,5 \text{ ум. гол.}$$

Для відгодівельного стада:

$$M_{\text{ум}}^{\text{відг}} = 43 \cdot 0,4 + 41 \cdot 0,6 + 41 \cdot 0,8 = 17,2 + 24,6 + 32,8 = 74,6 \text{ гол.}$$

Загальна умовна кількість поголів'я на фермі становить:

$$M_{\text{ум}}^{\text{заг}} = 93,5 + 74,6 = 168,1 \text{ ум. гол.}$$

З урахуванням можливих коливань і резерву для технологічних розрахунків приймається:

$$M_{\text{ум}} = 181 = \text{ум. гол.}$$

Отримане значення використовується для подальших інженерних розрахунків, зокрема:

- визначення продуктивності лінії приготування кормів;
- розрахунку необхідної кількості кормів і їх структури;
- підбору обладнання (подрібнювачів, змішувачів, транспортерів);
- визначення енерговитрат;
- оцінки економічної ефективності.

Таким чином, обґрунтований вибір структури стада та визначення умовної кількості поголів'я є важливим етапом проєктування ферми. Вони забезпечують точність інженерних розрахунків, дозволяють оптимізувати технологічні процеси та сприяють підвищенню ефективності виробництва в цілому.

2.3 Визначення добової та разової потреби поголів'я у коренеплодах

Для обґрунтування параметрів механізованої технологічної лінії приготування кормів необхідно визначити добову та разову потребу тварин у різних видах кормів, зокрема в коренеплодах. Ці розрахунки є основою для вибору продуктивності обладнання, режимів його роботи, а також для визначення об'ємів зберігання та транспортування кормової сировини.

Визначення потреби в кормах базується на раціонах годівлі, які встановлюються з урахуванням ряду факторів: природно-кліматичної зони розташування господарства, напряму продуктивності (молочний або м'ясний), фізіологічного стану тварин, їх живої маси, рівня продуктивності, а також умов утримання. Раціон має забезпечувати тварин необхідною кількістю поживних речовин, енергії, мінералів і вітамінів для підтримання життєдіяльності та отримання максимальної продуктивності.

У даному проєкті приймаються раціони годівлі для двох основних періодів – зимового та літнього. Такий підхід зумовлений сезонними змінами в структурі кормової бази: у зимовий період переважають консервовані корми (силос, сіно, солома, коренеплоди), тоді як у літній –

зелені корми. Це суттєво впливає на організацію процесу приготування кормів та вибір технологічного обладнання.

Розрахунки виконуються для тих груп тварин, які мають коефіцієнт переведення в умовні голови, що дорівнює одиниці. У даному випадку до таких груп належать: дійні корови; сухостійні корови; доросла худоба на відгодівлі.

Це дозволяє спростити розрахунки та привести різні групи тварин до єдиної розрахункової бази.

Раціон годівлі включає різні види кормів, кожен з яких виконує певну функцію в забезпеченні повноцінного живлення тварин. Основними компонентами раціону є соковиті, грубі, концентровані та мінеральні корми.

Для зимового періоду характерний наступний орієнтовний раціон (на одну умовну голову, кг/добу):

- силос кукурудзяний – 20,0;
- сіно – 2,0;
- солома – 3,0;
- буряк кормовий – 15,0;
- морква кормова – 1,5;
- концентровані корми – 4,0;
- мінеральні добавки (фосфат, сіль) – 0,18.

У літній період основу раціону складають зелені корми (до 54 кг/добу), а частка інших кормів значно зменшується або повністю виключається.

Особливе місце в раціоні займають коренеплоди, які є цінним джерелом легкозасвоюваних вуглеводів, покращують смакові якості кормосумішей і сприяють підвищенню їх поїдання тваринами. Водночас вони потребують попередньої механічної обробки, зокрема подрібнення, що безпосередньо пов'язано з темою даного проекту.

Добова потреба ферми в окремому виді корму визначається множенням норми його витрати на одну умовну голову на загальне умовне

поголов'я:

$$P_{\text{доб}} = M_{\text{ум}} \cdot q_i,$$

де $M_{\text{ум}}$ – умовне поголів'я тварин, гол.; q_i — добова норма i -го виду корму на одну умовну голову, кг.

Використовуючи раніше визначене умовне поголів'я $M_{\text{ум}}=181$ гол., розрахуємо потребу в коренеплодах.

Для кормового буряку:

$$P_{\text{бур}} = 15,0 \cdot 181 = 2715 \text{ кг}$$

Для кормової моркви:

$$P_{\text{мор}} = 1,5 \cdot 181 = 271,5 \text{ кг}$$

У літній період коренеплоди, як правило, не використовуються, тому їх добова потреба дорівнює нулю.

Отримані значення свідчать про значний обсяг коренеплодів, що підлягають щоденній переробці. Це обґрунтовує необхідність застосування високопродуктивного подрібнювального обладнання.

Згідно з прийнятим режимом роботи ферми, годівля тварин здійснюється три рази на добу. Добова кількість кормів розподіляється між окремими дачами з урахуванням фізіологічних особливостей тварин та підвищення ефективності поїдання кормів.

Практикою встановлено, що найбільшу частку кормів (до 40%) доцільно згодовувати в обідню годівлю, тоді як ранкова і вечірня дачі мають дещо менший обсяг. Грубі корми (сіно, солома) зазвичай задаються вранці та ввечері, тоді як концентровані та мінеральні добавки розподіляються рівномірно протягом доби.

Однак для коренеплодів існує важлива технологічна особливість: після подрібнення вони швидко втрачають свої якісні показники (окиснення, самозігрівання, втрата соків). Тому доцільно згодовувати їх одразу після приготування, тобто за одну дачу.

Разова потреба в кормі визначається як частка від добової потреби:

$$P_{\text{раз}} = \beta \cdot P_{\text{доб}},$$

де β – частка корму, що припадає на одну дачу.

Оскільки коренеплоди згодовуються одноразово, приймаємо: $\beta=1,0$.

Тоді:

– для буряку: $P_{\text{раз}}=1,0 \cdot 2715=2715$ кг

– для моркви: $P_{\text{раз}}=1,0 \cdot 271,5=271,5$ кг

Отримані значення разової потреби в коренеплодах мають важливе практичне значення для проєктування технологічної лінії. Зокрема, вони визначають:

- необхідну продуктивність подрібнювача;
- тривалість його роботи протягом доби;
- об'єм завантажувальних бункерів;
- параметри транспортних пристроїв.

Враховуючи значний обсяг переробки (понад 2,7 т буряку за одну дачу), подрібнювач повинен забезпечувати високу продуктивність при мінімальних енерговитратах і рівномірній якості подрібнення.

Крім того, важливо забезпечити узгодженість роботи подрібнювача з іншими елементами технологічної лінії – транспортерами, змішувачами та кормороздавачами. Це дозволить уникнути простоїв і забезпечити безперервність технологічного процесу.

Таким чином, на основі прийнятих раціонів годівлі визначено добову та разову потребу ферми в коренеплодах. Встановлено, що найбільше навантаження на технологічну лінію припадає на зимовий період, коли коренеплоди активно використовуються у раціонах.

Отримані результати є вихідними даними для подальшого розрахунку параметрів подрібнювача коренеплодів та інших елементів механізованої лінії приготування кормів, що забезпечить ефективну організацію виробничого процесу на фермі великої рогатої худоби.

2.4 Зоотехнічні вимоги до системи переробки коренеплодів у кормовиробництві

Коренеплоди займають важливе місце в системі годівлі великої рогатої худоби та інших сільськогосподарських тварин. Їх використання у раціонах обумовлено високою біологічною цінністю, хорошими смаковими якостями та позитивним впливом на фізіологічні процеси в організмі тварин. Включення коренеплодів до складу кормових сумішей сприяє підвищенню молочної та м'ясної продуктивності, активізує обмін речовин і забезпечує кращий ріст та розвиток молодняку.

Цінність коренеплодів пояснюється передусім високим вмістом легкокорозчинних вуглеводів (цукрів), які швидко засвоюються організмом тварин і є джерелом енергії. Вони стимулюють розвиток мікрофлори рубця у жуйних тварин, активізують ферментативні процеси та покращують перетравлення інших компонентів раціону. Крім того, коренеплоди сприяють виділенню травних соків, що позитивно впливає на загальну засвоюваність кормів.

Особливе значення має також високий вміст внутрішньоклітинної води, яка забезпечує соковитість корму, підвищує його поїдання та позитивно впливає на продуктивність, особливо молочну. Саме тому коренеплоди широко використовуються в зимовий період, коли відсутні зелені корми.

За поживною цінністю серед коренеплодів перше місце займає цукровий буряк, який містить найбільшу кількість кормових одиниць. Дещо поступаються йому морква, бруква та кормовий буряк, тоді як турнепс характеризується нижчою поживністю. Вибір конкретного виду коренеплодів залежить від кормової бази господарства, умов вирощування та економічної доцільності.

У практиці тваринництва коренеплоди використовуються в різних формах: у сирому вигляді, у складі вологих кормосумішей, у вигляді

подрібненої стружки або після теплової обробки (запарювання) разом з іншими кормами. Однак незалежно від способу використання, перед згодовуванням вони повинні пройти відповідну технологічну підготовку, яка включає очищення, миття, подрібнення та дозування.

Процес підготовки коренеплодів до згодовування повинен відповідати ряду зоотехнічних вимог, спрямованих на збереження їх поживної цінності та забезпечення безпечності кормів.

По-перше, підготовка коренеплодів повинна здійснюватися безпосередньо перед згодовуванням. Це пояснюється тим, що після подрібнення вони швидко піддаються окисленню, темніють, втрачають сік і поживні речовини, а також можуть уражатися мікроорганізмами. Допустимий час зберігання подрібнених коренеплодів не повинен перевищувати 1–2 години.

По-друге, перед подрібненням коренеплоди необхідно очистити від сторонніх домішок, таких як земля, пісок, каміння та рослинні залишки. Для цього застосовують операції сухого очищення та миття. Залишкова забрудненість після очищення не повинна перевищувати 2%, оскільки наявність домішок може призводити до зниження якості корму та передчасного зношування робочих органів машин.

По-третє, процес миття повинен бути оптимізований за тривалістю та інтенсивністю. Надмірно тривале миття призводить до вимивання розчинних поживних речовин, таких як цукри та крохмаль, що знижує кормову цінність продукту. Крім того, це викликає перевитрати води. Рекомендовані витрати води становлять 20–50 літрів на 1 тонну коренеплодів. При цьому робочі органи мийних машин не повинні пошкоджувати поверхню коренеплодів.

По-четверте, подрібнення повинно забезпечувати оптимальну структуру корму. Важливо досягти рівномірності різки при мінімальних втратах соку та утворенні дрібнодисперсної маси (мезги). Рекомендована довжина частинок становить:

- для дорослої великої рогатої худоби – 10...15 мм;
- для молодняку — 5...10 мм.

Дотримання цих параметрів сприяє кращому поїданню корму, підвищенню його засвоюваності та зменшенню втрат.

Обладнання, що використовується у технологічній лінії переробки коренеплодів, повинно відповідати ряду технічних і зоотехнічних вимог.

Насамперед, машини повинні забезпечувати якість подрібнення, яка відповідає встановленим нормам. Кінцевий продукт має бути придатним для ефективного згодовування без додаткової обробки.

Важливою вимогою є універсальність обладнання. Воно повинно бути здатним переробляти різні види коренеплодів (буряк, моркву, брукву тощо), а також забезпечувати регулювання ступеня подрібнення залежно від потреб різних груп тварин.

Продуктивність обладнання повинна відповідати умовам роботи ферми. Зокрема, технологічна лінія має забезпечувати переробку всієї необхідної кількості коренеплодів протягом 1–2 годин, що пов'язано з вимогою мінімального часу зберігання подрібненого продукту.

Не менш важливим є показник енергоефективності. Обладнання повинно мати низьку енергоємність, що дозволяє зменшити експлуатаційні витрати та підвищити економічну ефективність виробництва.

Конструкція машин повинна забезпечувати можливість їх інтеграції в загальну механізовану систему кормоприготування. Це передбачає узгодженість із засобами транспортування сировини (транспортери, шнеки, навантажувачі) та готового продукту, а також можливість автоматизації технологічного процесу.

Крім того, обладнання має бути простим за конструкцією, надійним у роботі, зручним у технічному обслуговуванні та ремонті. Це особливо важливо для умов фермерських господарств, де обмежені можливості для складного технічного сервісу.

Дотримання зоотехнічних вимог при проєктуванні технологічної лінії

переробки коренеплодів є ключовою умовою забезпечення високої ефективності виробництва. Вони безпосередньо впливають на:

- якість кормів і їх засвоюваність;
- продуктивність тварин;
- рівень втрат поживних речовин;
- надійність і довговічність обладнання;
- економічні показники роботи ферми.

Таким чином, зоотехнічні вимоги виступають основою для вибору конструкції подрібнювача коренеплодів, визначення його робочих параметрів та інтеграції у механізовану технологічну лінію приготування кормів. Їх врахування дозволяє забезпечити оптимальне поєднання біологічних потреб тварин і технічних можливостей сучасного обладнання.

2.5 Розробка та обґрунтування технології підготовки і переробки коренеплодів до згодовування

Існують механічні, хімічні, термічні та біологічні методи підготовки кормів. На практиці їх застосовують як окремо, так і в різних поєднаннях залежно від виду корму та умов господарства.

Механічна підготовка кормів охоплює такі операції, як очищення, подрібнення, дозування, змішування та пресування. Застосування цих процесів покращує споживання кормів тваринами та підвищує їх засвоюваність.

Термічні методи включають підігрівання, сушіння, запарювання, варіння, випарювання та обсмажування. Зокрема, запарювання коренеплодів сприяє підвищенню їх перетравності та поживної цінності.

Біологічна обробка кормів передбачає силосування, заквашування, осолоджування, дріжджування та пророщування. Найбільш поширеним є силосування, яке забезпечує тривале зберігання зелених і соковитих кормів без втрати поживних властивостей.

Хімічні методи базуються на обробці кормової сировини розчинами кислот або лугів. Однак їх використання обмежене через можливий негативний вплив реагентів на обладнання, а також складність технологічного процесу. При підготовці коренеплодів цей спосіб практично не застосовується.

З урахуванням аналізу існуючих методів та реальних можливостей господарства, найбільш раціональним є використання механічного способу підготовки коренеплодів.

Загальна технологічна схема відображає послідовність виконання операцій у процесі переробки коренеплодів, дозволяє визначити повторювані етапи, об'єднати окремі процеси та спростити вибір обладнання.

Аналіз можливих варіантів технологічних рішень дозволяє виділити такі основні схеми підготовки коренеплодів:

1. приймання – очищення;
2. приймання – очищення – подрібнення;
3. приймання – очищення – подрібнення – вивантаження;
4. приймання – очищення – подрібнення – дозування – змішування;
5. очищення – запарювання – розминання – дозування – змішування.

Для умов тваринницької ферми оптимальним є третій варіант, який забезпечує достатню простоту технологічного процесу та ефективність підготовки корму для великої рогатої худоби.

Враховуючи технологічні умови виробництва, наявну матеріально-технічну базу та зоотехнічні вимоги, приймається наступна схема технологічної лінії переробки коренеплодів.

Коренеплоди надходять на ділянку приймання та накопичення, де формується запас сировини для безперервної роботи лінії. Для подачі коренеплодів на наступні операції використовують живильники типу ТК–5,

ТК–5Б, КП–10 або інше спеціалізоване обладнання.

Далі здійснюється очищення коренеплодів, яке може поєднуватися з їх подрібненням у мийках-коренерізках типу ИКМ–5, ИКМ–Ф–10, ИКС–5М. У деяких випадках застосовується сухий спосіб очищення із використанням спеціальних машин.

Подрібнена маса вивантажується за допомогою транспортерів ТС–40М, ШВ–30 або ТЛ–65 та подається до місця подальшого використання або згодовування.

2.6 Розрахунок продуктивності технологічної лінії

Продуктивність лінії з переробки коренеплодів визначається за залежністю:

$$\tau \cdot W_{\text{л.к.}} = \frac{P_{\text{max}}}{t}$$

де $W_{\text{л.к.}}$ – продуктивність технологічної лінії переробки коренеплодів, кг/год; P_{max} – максимальна разова потреба коренеплодів на одне годування, кг; t – тривалість роботи лінії, год; τ – коефіцієнт використання робочого часу.

За розрахунками отримано:

$$W_{\text{л.к.}} = 3318 \cdot 15 + 1271 = 33189 \text{ кг/год.}$$

Підбір машин та обладнання здійснюється для кожної технологічної операції відповідно до прийнятої схеми процесу. Обране обладнання повинно забезпечувати безперервну роботу лінії та відповідати зоотехнічним вимогам щодо якості підготовки кормів.

Відповідно до загальної технологічної схеми виділено три варіанти комплектування лінії:

1 варіант: приймання і накопичення (ТК–5) → очищення та подрібнення (ИКМ–Ф–10) → вивантаження (ТС–40М).

2 варіант: приймання і накопичення (ТК–5Б) → очищення та

подрібнення (ИКС–5М) → вивантаження (ШВ–30).

3 варіант: приймання і накопичення (1МТД.404) → подрібнення (ИКМ–5) → вивантаження (ТС–40М).

Кількість машин для кожної операції визначається за формулою:

$$n = \frac{W_{\text{д.г}}}{W_{\text{м}}}$$

де $W_{\text{м}}$ – продуктивність вибраної машини, кг/год.

Продуктивність обладнання приймається за технічними характеристиками з довідкових джерел.

Розрахунок для 1-го варіанта:

- ТК–5: ($n \approx 0,66 \rightarrow 1$) шт.
- ИКМ–Ф–10: ($n \approx 0,33 \rightarrow 1$) шт.
- ТС–40М: ($n \approx 0,17 \rightarrow 1$) шт.

2-й варіант:

- ТК–5Б: 1 шт.
- ИКС–5М: 1 шт.
- ШВ–30: 1 шт.

3-й варіант:

- 1МТД.404: 1 шт.
- ИКМ–5: 1 шт.
- ТС–40М: 1 шт.

Таким чином, для всіх варіантів технологічної лінії отримано мінімально необхідну кількість обладнання:

- 1 варіант: ТК–5 – 1 шт., ИКМ–Ф–10 – 1 шт., ТС–40М – 1 шт.
- 2 варіант: ТК–5Б – 1 шт., ИКС–5М – 1 шт., ШВ–30 – 1 шт.
- 3 варіант: 1МТД.404 – 1 шт., ИКМ–5 – 1 шт., ТС–40М – 1 шт.

Подальший вибір оптимального варіанта технологічної лінії здійснюється з використанням ЕОМ на основі техніко-економічного порівняння.

2.7 Висновки до розділу

У другому розділі виконано проєктування механізованої лінії приготування кормів для ферми великої рогатої худоби. Обґрунтовано вибір способів утримання тварин: для дійного стада – прив'язний, для молодняку та відгодівлі – безприв'язний. Встановлено раціональний двозмінний режим роботи ферми, що забезпечує безперервність виробничих процесів. Сформовано структуру стада та визначено умовне поголів'я, яке становить 181 ум. гол., що використано для подальших розрахунків. Розраховано добову та разову потребу в коренеплодах (2715 кг буряку та 271,5 кг моркви взимку), що підтверджує необхідність застосування високопродуктивної механізованої лінії. Визначено зоотехнічні вимоги до підготовки коренеплодів та обґрунтовано доцільність механічного способу їх переробки. Розроблено технологічну схему, що включає приймання, очищення, подрібнення та вивантаження. Виконано розрахунок продуктивності лінії та підбір обладнання, запропоновано три варіанти комплектування машин. Отримані результати є основою для подальшого вибору оптимального варіанта технологічної лінії та забезпечують ефективну організацію годівлі тварин і підвищення продуктивності ферми.

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПОДРІБНЮВАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ

3.1 Зоотехнічні нормативи та вимоги до процесу подрібнення кормів.

До подрібнювачів коренебульбоплодів, у тому числі до розроблюваної конструкції, висувається комплекс зоотехнічних і техніко-експлуатаційних вимог, які забезпечують ефективність їх використання в технологічній лінії кормоприготування.

Основними з них є:

- забезпечення якісного подрібнення коренебульбоплодів до розміру, придатного для згодовування тваринам (приблизно 10...15 мм для дорослої великої рогатої худоби та 5...10 мм для телят), що сприяє кращому поїданню та засвоюваності корму;
- достатня продуктивність машини, яка дозволяє протягом 1...2 годин переробити обсяг коренеплодів, необхідний для одноразового згодовування;
- висока якість процесу подрібнення відповідно до зоотехнічних вимог, зокрема забезпечення однорідності фракційного складу, правильної форми часток та мінімального виділення соку, що дозволяє зберегти поживну цінність корму;
- мінімальне травмування та втрати сировини під час обробки;
- зручний доступ до робочих органів машини для їх регулювання, технічного обслуговування, очищення та заміни, що підвищує надійність і довговічність обладнання;
- простота конструкції, експлуатаційна надійність та безпечність роботи обслуговуючого персоналу.

Дотримання зазначених вимог є необхідною умовою ефективної роботи подрібнювачів у складі механізованої системи приготування кормів.

3.2 Аналіз існуючих засобів механізації подрібнення та обґрунтування вибору об'єкта для модернізації

Для механізації процесу подрібнення коренеплодів на невеликих тваринницьких фермах колективних та фермерських господарств найчастіше застосовують подрібнювачі, робочий орган яких виконаний у вигляді ножового або терткового диска, встановленого безпосередньо на валу електродвигуна. Така конструктивна схема дозволяє значно спростити будову машини, зменшити її матеріаломісткість і знизити витрати на виготовлення, а також полегшити технічне обслуговування в процесі експлуатації.

Поряд із зазначеними конструкціями використовуються також подрібнювачі з окремо розташованим робочим органом, який з'єднується з електродвигуном через муфтове з'єднання. Такий варіант підвищує надійність роботи обладнання, оскільки частково захищає привід від пошкоджень при потраплянні сторонніх предметів у зону подрібнення. Загалом подрібнювачі коренеплодів характеризуються невеликою встановленою потужністю приводу при відносно достатній продуктивності (рис. 3.1). Разом з тим, через підвищені частоти обертання робочих органів у деяких випадках спостерігається надмірне подрібнення сировини, що є небажаним при згодовуванні коренеплодів великій рогатій худобі.

Подрібнювач коренебульбоплодів ИК-100 (рис. 3.2) включає литий алюмінієвий корпус, всередині якого розміщено ножовий вал-барабан, з'єднаний через фрикційну муфту з електродвигуном привода. Корпус оснащено завантажувальним і вивантажувальним вікнами, виконаними у вигляді співвісних круглих отворів діаметром 80 мм, розташованих на протилежних сторонах корпусу. У завантажувальний отвір встановлено патрубков, через який подається сировина.

Ножовий вал-барабан виготовлений з алюмінію і має чотири поздовжні пази, в кожному з яких закріплено ніж. Обертання здійснюється

на двох підшипниках, встановлених у кришках корпусу, які кріпляться болтовими з'єднаннями. Привід від електродвигуна передається через фрикційну муфту, закриту захисним кожухом. Уся конструкція змонтована на станині разом із пусковим пристроєм.

МОДЕЛЬ	ИК-100	ИКФ-150	КЭП-Т-1	КЭП-Т-2	«ЗОЛИТ»
 Продуктивність, кг/год	100	150	До 500	300	500
 Товщина часток подрібнених коренеплодів, мм	Не більше 10	Не більше 10	2...4	2...4	1...4
 Маса подрібнювача, кг	20	10	32	29	30
 Габарити, мм: довжина ширина висота	750 180 320	430 230 250	535 652 938	410 480 385	510 425 480
 Місткість завантажувального бункера, дм ³	0,5	2,0	3,5	3,5	7,0
 Потужність електродвигуна, кВт	0,18	0,18	0,4	1,1	0,9
 Частота обертання робочого органу, хв ⁻¹	1500	1500	1440	1440	1440
 Обслуговуючий персонал, л/зд.	1	1	1	1	1

Рисунок 3.1 – Техніко-експлуатаційні показники подрібнювачів коренеплодів

Перед початком роботи ножі регулюють за висотою, при цьому їх виступ над поверхнею вала не повинен перевищувати 2,5 мм. Коренеплоди очищують від забруднень і за необхідності подрібнюють на частини розміром до 80 мм, після чого подають у завантажувальний патрубок. У процесі роботи ножі здійснюють різання матеріалу та переміщують подрібнену масу вздовж внутрішньої поверхні корпусу до вивантажувального отвору.

До переваг подрібнювача ИК-100 належать низьке енергоспоживання, компактність, а також застосування алюмінієвого литва, що зменшує масу машини та знижує корозійні процеси при контакті з соками коренеплодів.

Недоліками є обмежені розміри завантажувального патрубку та невелика зона взаємодії ножів із матеріалом, що потребує попереднього подрібнення сировини на дрібні частини.

Подрібнювач ИКФ-150 (рис. 3.2) має робочий орган у вигляді терткового диска, встановленого безпосередньо на валу електродвигуна. Диск розміщено в корпусі, який кріпиться до фланця двигуна. На передній стінці корпусу розташовано зміщений завантажувальний бункер, а нижня частина утворює вивантажувальну горловину.

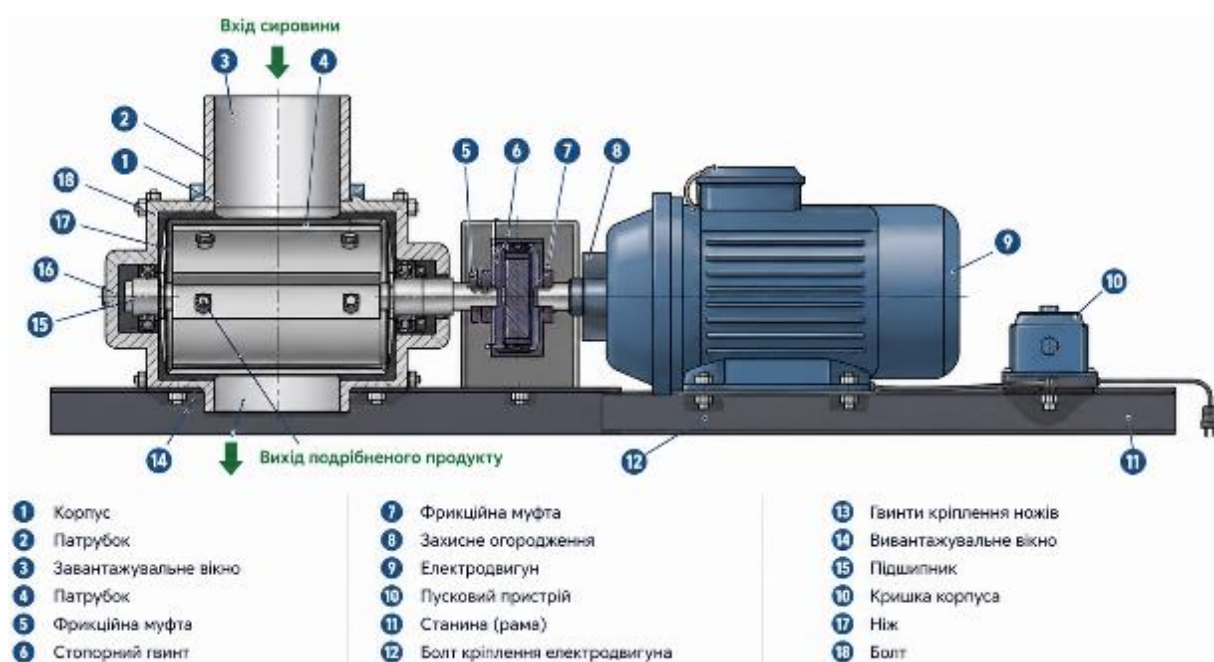


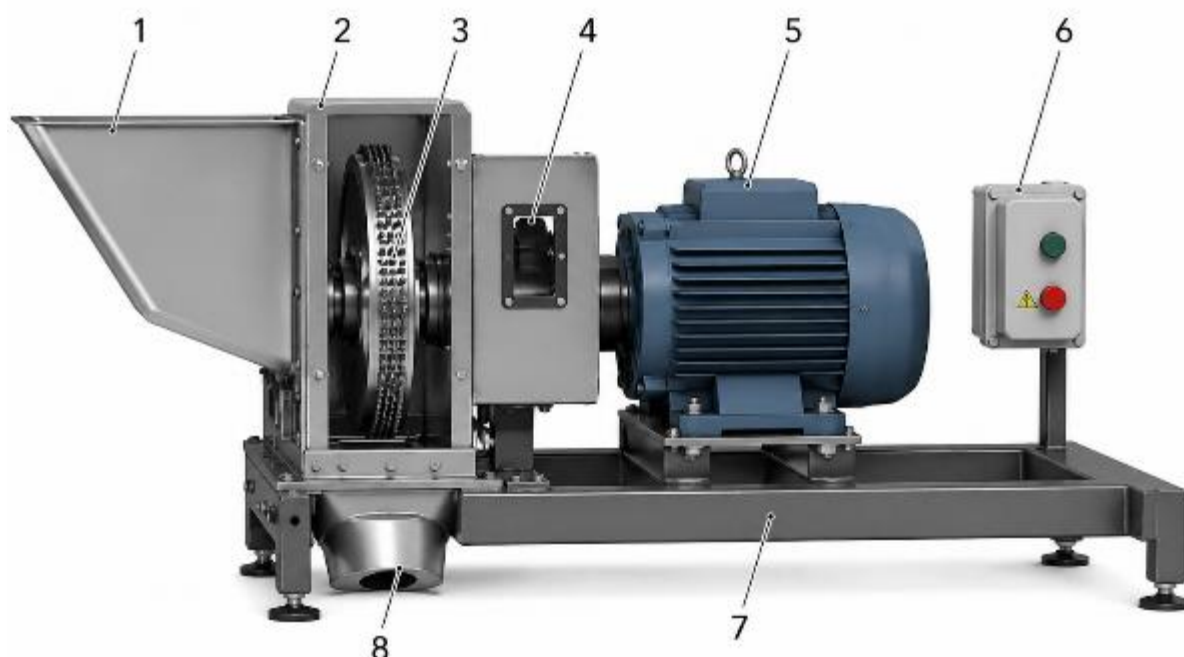
Рисунок 3.2 – Схема подрібнювача коренебульбоплодів ИК – 100

Недоліками конструкції є малі розміри робочих елементів і завантажувального вікна, що також вимагає попереднього подрібнення коренеплодів, а також відсутність притискного пристрою та регулювання ступеня подрібнення.

Перевагами є простота конструкції, невелика маса та низька енергоємність.

Коренерізки типу КЭП-Т (КЭП-Т-1 і КЭП-Т-2) мають дисковий робочий орган із ножами, розташованими по спіралі або радіально. Конструкція включає раму, електродвигун, корпус із завантажувальним

бункером і вивантажувальним рукавом. Принцип роботи полягає у подачі підготовлених коренеплодів на обертовий диск, де вони подрібнюються і вивантажуються через рукав.



1 – завантажувальний бункер; 2 – корпус; 3 – тертковий диск; 4 – вікно;
5 – електродвигун; 6 – пусковий пристрій; 7 – станина; 8 – вивантажувальна горловина

Рисунок 3.3 – Схема подрібнювача коренебульбоплодів і фруктів ИКФ-150

Перевагами є достатня продуктивність, простота робочого органу та наявність бункера для завантаження. Недоліками – відсутність регулювання ступеня подрібнення та необхідність попереднього подрібнення великих коренеплодів.

Коренерізка «Еоліт» відзначається високою якістю виготовлення та застосуванням алюмінієвого литва для основних елементів. Вона має швидкознімний корпус, великий завантажувальний отвір і дисковий робочий орган із ножами.

До її переваг відносяться можливість переробки коренеплодів без попереднього розрізання, зручність обслуговування та надійне кріплення ножів. Недоліками є обмежені можливості регулювання ступеня подрібнення та можливе накопичення маси в кутах робочої камери.

Аналіз існуючих конструкцій подрібнювачів коренеплодів показує, що більшість із них виготовляється методом лиття з алюмінієвих сплавів із подальшою механічною обробкою, що ускладнює ремонт і заміну деталей через їх унікальність. Також характерними недоліками є обмежений діапазон регулювання якості подрібнення та малі розміри завантажувальних отворів, що вимагає попередньої підготовки сировини.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки простого, економічного та технологічно зручного подрібнювача коренеплодів із достатньою пропускною здатністю. Така машина повинна мати збільшений завантажувальний отвір, що дозволяє подавати коренеплоди без попереднього розрізання, а також забезпечувати можливість регулювання ступеня подрібнення відповідно до зоотехнічних вимог.

3.3 Характеристика технологічної схеми подрібнювача і принципу функціонування

Розроблений подрібнювач коренебульбоплодів є компактною машиною дискового типу, що складається з основних функціональних вузлів: подрібнювального та опорного дисків, завантажувального бункера, вивантажувального патрубку, електродвигуна та опорної рами (лап). Конструкція забезпечує ефективне подрібнення сировини з мінімальними енергетичними витратами та можливістю регулювання ступеня подрібнення.

Подрібнювальний диск є ключовим робочим органом. У ньому виконано два діаметрально розташовані прямокутні отвори розміром 90×30 мм, які формуються методом фрезерування при встановленні диска під кутом приблизно 60° до інструмента. При цьому напрямки нахилу крайок отворів є протилежними, що сприяє інтенсифікації процесу різання. Уздовж нижньої кромки кожного отвору приварюються упори тригранного перерізу, в яких виконано різьбові отвори для кріплення змінних ножів.

Ножі встановлюються болтовими з'єднаннями, що дозволяє швидко їх замінювати або регулювати положення.

Безпосередньо під ножами закріплюються вивантажувальні лопатки, які забезпечують транспортування подрібненої маси до вихідного патрубку. У центральній частині диска передбачено різьбовий отвір для встановлення знімача (гвинт М16 довжиною близько 80 мм), що полегшує демонтаж диска під час технічного обслуговування. Для запобігання забиванню отвору в процесі роботи в нього вкручується додатковий болт із контргайкою. Цей елемент також використовується для регулювання зазору між маточиною та опорним диском, який має становити 0,5...0,8 мм для забезпечення стабільної роботи без заклинювання.

З нижнього боку подрібнювального диска приварюється маточина, внутрішній діаметр якої узгоджується з діаметром вала електродвигуна. Це забезпечує надійне передавання крутного моменту та центрування робочого органа.

Завантажувальний бункер циліндричної форми (діаметром близько 270 мм) встановлюється вертикально на опорному диску та фіксується кронштейнами. На внутрішній поверхні бункера монтується упорна пластина, розташована на відстані 20...25 мм від вивантажувального патрубка за напрямком обертання диска. Зазор між пластиною та ножами становить 3...5 мм. Таке компонування сприяє стабілізації руху сировини, підвищує ефективність різання та забезпечує однорідність отриманої фракції. У верхній частині бункера передбачено напрямний елемент у вигляді зрізаного конуса для покращення подачі коренеплодів у зону подрібнення.

Опорний диск слугує базою для кріплення всіх вузлів, включаючи електродвигун і три опорні лапи, що забезпечують стійкість машини під час роботи. Вал електродвигуна проходить через отвір в опорному диску, який ущільнюється для запобігання потраплянню пилу та вологи.

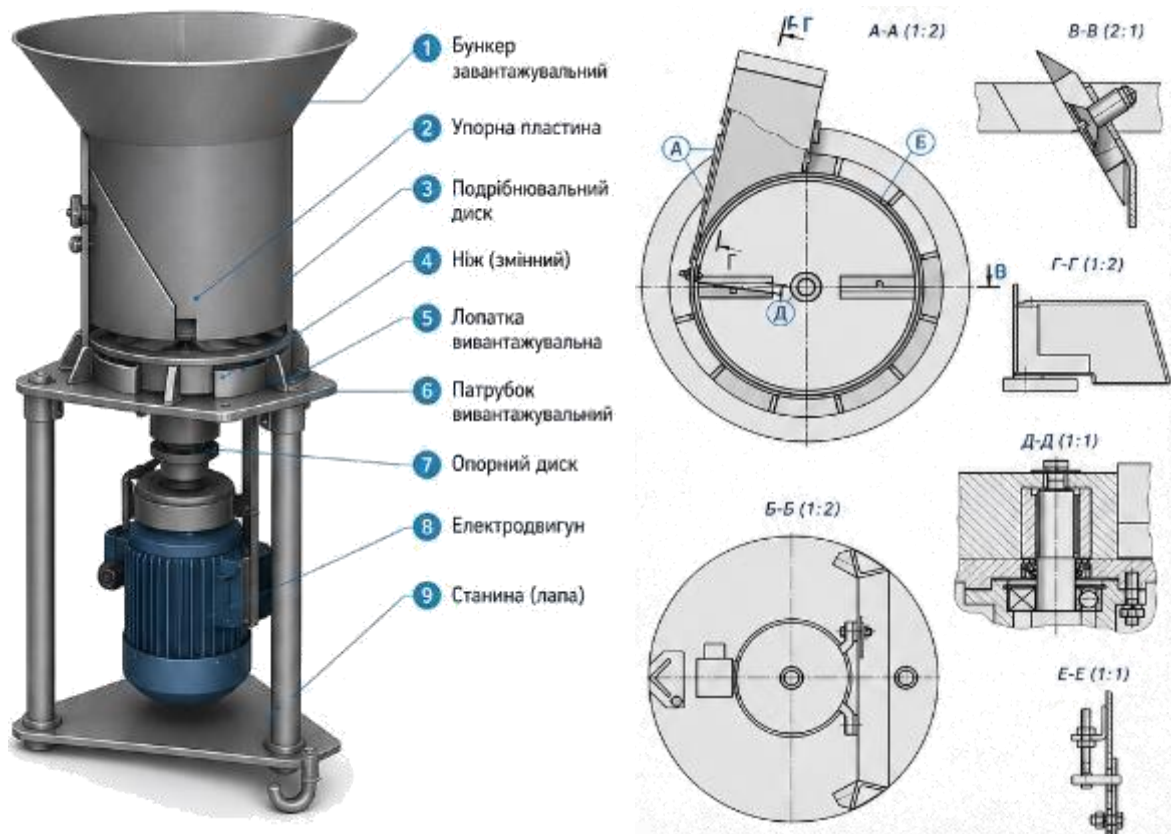


Рисунок 3.4 – Конструктивно-технологічна схема подрібнювача коренеплодів

Основні елементи конструкції, такі як бункер, упорна пластина, лопатки та патрубок, виготовляються зі сталі товщиною 2...3 мм, що забезпечує достатню міцність при відносно невеликій масі. Ножі виконуються з пружинної сталі типу 65Г, яка характеризується високою зносостійкістю та здатністю зберігати гостроту ріжучої кромки.

Під час складання особливу увагу приділяють узгодженню напрямку обертання електродвигуна з орієнтацією ножів, упорної пластини та вивантажувального патрубка, оскільки це безпосередньо впливає на ефективність роботи агрегату.

Принцип дії подрібнювача полягає у наступному. Очищені коренеплоди завантажуються в бункер і під дією сили тяжіння подаються на обертний подрібнювальний диск. При контакті з ножами відбувається їх різання та часткове подрібнення. Далі подрібнена маса проходить через отвори в диску, потрапляє на лопатки та під дією відцентрових сил

спрямовується до вивантажувального патрубку, через який виводиться в накопичувальну ємність або на транспортуючий пристрій.

Регулювання ступеня подрібнення досягається шляхом заміни ножів або зміни висоти їх виступу над поверхнею диска, що дозволяє адаптувати машину до різних видів сировини та вимог технологічного процесу. Додатково на якість подрібнення впливають зазори між робочими елементами, швидкість обертання диска та фізико-механічні властивості сировини.

3.4 Розрахунок технологічних параметрів подрібнювача

Продуктивність розробленого подрібнювача коренебульбоплодів визначають на основі кінематичних і конструктивних параметрів робочого органа за узагальненою залежністю:

$$Q = 60 \cdot n \cdot F \cdot b \cdot Z \cdot \gamma \cdot K_k$$

де n – частота обертання подрібнювального диска, хв^{-1} ; F – площа, яку описують ножі за один оберт диска, м^2 ; b – товщина зрізаного шару продукту, м ; Z – кількість ножів; γ – об’ємна маса сировини, кг/м^3 ; K_k – коефіцієнт використання ножів (0,15...0,25).

Для різних видів коренеплодів об’ємна маса змінюється в таких межах: для кормового буряка – 570...650 кг/м^3 , моркви – 560...575 кг/м^3 , картоплі – 650...730 кг/м^3 , що необхідно враховувати при інженерних розрахунках.

Площа, яку описують ножі під час одного оберту диска, визначається як різниця площ кругів:

$$F = \pi(R_z^2 - R_v^2)$$

де R_z – зовнішній радіус розташування ножів; R_v – внутрішній радіус.

Після підстановки геометричних параметрів отримуємо: $F = 0,046 \text{ м}^2$.

З урахуванням частоти обертання диска $n = 978 \text{ хв}^{-1}$, товщини зрізу $b = 0,002 \dots 0,003 \text{ м}$, середньої об'ємної маси $\gamma \approx 580 \text{ кг/м}^3$ та коефіцієнта використання ножів $K_k \approx 0,2$, продуктивність подрібнювача становить:

$$Q = 626 \dots 939 \text{ кг/год.}$$

Це свідчить про достатню ефективність машини для використання у фермерських господарствах середньої потужності.

Необхідний об'єм завантажувального бункера визначається з урахуванням продуктивності та часу перебування матеріалу:

$$V_6 = \frac{Q \cdot \tau}{\gamma \cdot \beta}$$

де τ – час перебування сировини у бункері (20...40 с); β – коефіцієнт заповнення бункера (0,4...0,6).

Геометричні параметри бункера визначаються окремо. Його діаметр обчислюється за формулою:

$$D_6 = D_d + 2\Delta R$$

де D_d – діаметр подрібнювального диска; ΔR – радіальний зазор (0,005...0,01 м).

Після підстановки отримуємо: $D_6 = 0,27 \text{ м}$.

Висоту бункера визначають із залежності:

$$H_6 = \frac{4Q\tau}{\pi D_6^2 \gamma \beta}$$

У результаті розрахунків: $H_6 \approx 0,45 \text{ м}$.

Отже, для забезпечення безперервної та стабільної роботи подрібнювача доцільно прийняти бункер діаметром 0,27 м і висотою 0,45 м. Такі параметри гарантують рівномірну подачу сировини в зону подрібнення, мінімізують простой та сприяють підвищенню загальної ефективності технологічного процесу.

3.5 Визначення необхідної потужності приводу подрібнювача

Необхідна потужність привода дискового подрібнювача визначається як сума витрат енергії на процес різання матеріалу та подолання сил тертя, з урахуванням механічного ККД привода:

$$N = \frac{N_p + N_t}{\eta}$$

де N_p – потужність, що витрачається на різання коренеплодів, Вт; N_t – потужність на подолання сил тертя, Вт; η – механічний коефіцієнт корисної дії привода (приймається 0,95).

Потужність, необхідна безпосередньо для процесу різання, визначається залежністю:

$$N_p = P \cdot z \cdot V \cdot K_0$$

де P – сила різання, Н; z – кількість ножів; V – швидкість різання, м/с; K_0 – конструктивний коефіцієнт.

Силу різання визначають як добуток питомого тиску ножа на матеріал і довжини ріжучої кромки:

$$P = q_0 \cdot l$$

де q_0 – питомий тиск (0,5...1,0 кН/м); l — довжина леза ножа, м.

У результаті розрахунків отримано: $P \approx 0,067$ кН.

Оскільки зона різання розташована приблизно на відстані $2/3$ радіуса диска від центру, швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{2\pi n R}{30} \cdot \frac{2}{3}$$

де n – частота обертання диска; R – його радіус.

Після підстановки значень: $V \approx 9,21$ м/с.

Потужність, що витрачається на подолання сил тертя коренеплодів об поверхню диска, визначається за залежністю:

$$N_t = \frac{M_k \cdot g \cdot f \cdot \beta \cdot \pi \cdot n \cdot R}{30}$$

де M_k – маса матеріалу в бункері, кг; g – прискорення вільного падіння; f – коефіцієнт тертя ($\approx 0,6$); β – коефіцієнт зменшення нормального тиску (0,3...0,4).

У результаті розрахунків: $N_T \approx 0,29$ кВт.

З урахуванням складових загальна потужність привода становить: $N \approx 0,96$ кВт.

З огляду на необхідний запас потужності та стандартний ряд електродвигунів, доцільно обрати асинхронний електродвигун типу 4А80В6У3 потужністю 1,1 кВт із частотою обертання 978 об/хв.

Такий вибір забезпечує надійну роботу подрібнювача, стабільність технологічного процесу та достатній резерв потужності для роботи з різними видами сировини.

3.6 Міцнісний розрахунок основних деталей подрібнювача

Для передавання крутного моменту від вала електродвигуна до подрібнювального диска обрано призматичну шпонку відповідно до стандарту ГОСТ 23360–78. Розміри шпонки становлять $b \times h = 6 \times 6$ мм, глибина шпонкового паза на валу $t_1 = 3,5$ мм, а довжина – $l = 32$ мм.

Далі виконується перевірка шпонки на міцність за умовою зминання її бічних поверхонь, які контактують із маточиною. Розрахунок проводиться за відповідною залежністю, що враховує переданий обертальний момент, геометричні параметри з'єднання та допустимі напруження матеріалу. Для сталеві маточини при нерухомому з'єднанні допустиме напруження зминання приймається в межах 60...100 МПа.

Обертальний момент визначається через потужність електродвигуна та кутову швидкість обертання вала. Кутова швидкість, у свою чергу, залежить від частоти обертання і для заданих умов становить приблизно 102,4 рад/с. Відповідно, обертальний момент дорівнює близько 10,7 Н·м.

Робоча довжина шпонки визначається як різниця між її повною довжиною та шириною: $l_p = 32 - 6 = 26$ мм.

У результаті розрахунку напруження зминання отримано значення $\sigma_{xm} \approx 36,15$ МПа, що є меншим за допустиме.

Отже, умова міцності виконується, і обране шпонкове з'єднання забезпечує надійну передачу крутного моменту без руйнування чи пластичних деформацій.

3.7 Висновки до розділу

У результаті виконаного розділу обґрунтовано зоотехнічні вимоги до процесу подрібнення коренебульбоплодів та встановлено, що якість корму значною мірою залежить від рівномірності та оптимального розміру часток. Проведений аналіз існуючих конструкцій подрібнювачів показав їх основні переваги й недоліки, зокрема обмежені можливості регулювання ступеня подрібнення та необхідність попередньої підготовки сировини.

Запропоновано конструкцію дискового подрібнювача, яка забезпечує ефективне подрібнення, простоту будови та зручність експлуатації. Виконані технологічні розрахунки підтвердили достатню продуктивність машини (626...939 кг/год) і обґрунтували раціональні геометричні параметри бункера.

Розрахунок потужності привода показав, що для надійної роботи достатньо електродвигуна потужністю 1,1 кВт. Проведена перевірка основних елементів на міцність підтвердила їх працездатність і відповідність допустимим напруженням.

Таким чином, розроблений подрібнювач відповідає зоотехнічним і технічним вимогам, забезпечує ефективний процес подрібнення та може бути рекомендований для використання у фермерських господарствах.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Забезпечення безпечних умов праці та мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище є обов'язковими складовими експлуатації технологічного обладнання на тваринницьких фермах. Подрібнювач коренебульбоплодів, як елемент механізованої лінії приготування кормів, належить до машин підвищеної небезпеки, оскільки містить рухомі робочі органи, електричний привід та працює з органічною сировиною, що може утворювати пил, вологу та відходи. Тому при його використанні необхідно дотримуватись комплексу організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів.

Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами при роботі з подрібнювачем є: рухомі частини машини (подрібнювальний диск, ножі, вал), можливість травмування при контакті з різжучими елементами, електричний струм, підвищений рівень шуму та вібрації, утворення пилу та аерозолів органічного походження, а також ризик ковзання через вологу підлогу. Особливу небезпеку становить зона завантаження та вивантаження, де можливе потрапляння рук оператора до робочих органів або викид часток матеріалу.

Для запобігання травматизму конструкція подрібнювача повинна відповідати вимогам безпеки. Усі рухомі частини мають бути закриті захисними кожухами, які виключають випадковий доступ до небезпечних зон. Завантажувальний бункер повинен мати достатню висоту та форму, що унеможливило б прямий контакт оператора з ножами. Вивантажувальна горловина повинна бути орієнтована таким чином, щоб виключити викид матеріалу в бік обслуговуючого персоналу. Крім того, машина повинна бути обладнана надійною станинною основою, яка забезпечує її стійкість під час роботи.

Електробезпека є одним із ключових аспектів охорони праці. Електродвигун і пускова апаратура повинні відповідати вимогам чинних

стандартів, мати заземлення та захист від короткого замикання і перевантаження. Усі струмопровідні частини мають бути ізольовані, а кабелі – захищені від механічних пошкоджень і впливу вологи. Забороняється експлуатація обладнання з пошкодженою ізоляцією або несправною пусковою апаратурою. Вмикання і вимикання подрібнювача повинно здійснюватися через спеціальний пусковий пристрій із кнопками «Пуск» і «Стоп», розташованими у зручному та доступному місці.

Організаційні заходи передбачають проведення інструктажу з охорони праці для обслуговуючого персоналу, допуск до роботи лише осіб, які пройшли навчання та ознайомлені з правилами експлуатації машини. Перед початком роботи оператор зобов'язаний перевірити технічний стан подрібнювача, наявність і справність захисних кожухів, кріплення ножів, відсутність сторонніх предметів у робочій зоні. Забороняється запуск машини при відкритих захисних елементах або наявності сторонніх осіб у небезпечній зоні.

Під час роботи категорично забороняється виконувати будь-які регулювання, очищення або ремонт при ввімкненому двигуні. Завантаження коренеплодів повинно здійснюватися рівномірно, без перевантаження машини. Для подачі сировини необхідно використовувати спеціальні пристосування або інструменти, а не руки. У разі виникнення сторонніх шумів, вібрацій або заклинювання робочого органа машину слід негайно зупинити та усунути несправність після повного відключення від електромережі.

Важливим елементом безпеки є використання засобів індивідуального захисту. Оператор повинен працювати у спецодязі, що щільно прилягає до тіла, уникати наявності вільних частин одягу, які можуть потрапити у рухомі механізми. Рекомендується застосування захисних окулярів, рукавиць та, за необхідності, засобів захисту органів слуху при підвищеному рівні шуму. Робоче місце повинно бути добре освітленим і утримуватися в чистоті.

Санітарно-гігієнічні умови праці передбачають підтримання допустимого рівня шуму, який не повинен перевищувати встановлених норм. Для зниження шуму і вібрації доцільно використовувати амортизаційні прокладки під опорами машини та своєчасно проводити технічне обслуговування. Зменшення пиловиділення досягається шляхом оптимізації режимів роботи та використання вологих коренеплодів, що знижує утворення дрібнодисперсних часток.

Захист навколишнього середовища при експлуатації подрібнювача полягає у раціональному використанні сировини та мінімізації відходів. Подрібнені коренеплоди повністю використовуються як корм, що практично виключає утворення твердих відходів. Разом з тим, необхідно запобігати накопиченню залишків сировини в робочій зоні, оскільки це може призводити до гниття та утворення неприємних запахів.

Важливим аспектом є раціональне використання енергетичних ресурсів. Використання електродвигунів із високим ККД та правильний вибір режимів роботи дозволяє зменшити споживання електроенергії. Регулярне технічне обслуговування, зокрема заточування ножів і перевірка зазорів, сприяє зниженню навантаження на привід і, відповідно, зменшенню енергоспоживання.

Для запобігання негативному впливу на ґрунт і водні ресурси необхідно організувати належне прибирання робочої зони та утилізацію відходів. Забороняється зливання залишків органічної маси або забрудненої води у відкриті водойми. Усі відходи повинні або використовуватися як корм, або утилізуватися відповідно до встановлених вимог.

Отже, дотримання вимог охорони праці та заходів із захисту навколишнього середовища при експлуатації подрібнювача коренебульбоплодів забезпечує безпечну роботу персоналу, підвищує надійність обладнання та сприяє екологічно раціональному веденню господарства. Комплексний підхід до організації безпеки дозволяє мінімізувати виробничі ризики та забезпечити ефективне функціонування технологічного процесу кормоприготування.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

В умовах сучасного молочного тваринництва значна частка раціону великої рогатої худоби у зимовий період припадає на коренеплоди, зокрема кормовий буряк і моркву. Для розглянутої ферми встановлено добову та разову потребу в коренеплодах: 2715 кг буряку та 271,5 кг моркви, що у сумі становить 2986,5 кг/добу.

Виконані технологічні розрахунки показали, що розроблений подрібнювач має продуктивність у межах 626...939 кг/год, що забезпечує повне виконання добового обсягу переробки за 3,2...4,8 год роботи. Для розрахунків приймаємо середню продуктивність 750 кг/год, тоді тривалість роботи становить:

$$2986,5 / 750 \approx 3,98 \text{ год} \approx 4,0 \text{ год/добу.}$$

Для аналога, що використовується на господарстві, характерні більші енерговитрати та нижча ефективність очищення і різання, тому його реальна продуктивність становить близько 550 кг/год. Відповідно тривалість роботи:

$$2986,5 / 550 \approx 5,43 \text{ год} \approx 5,5 \text{ год/добу.}$$

Вихідні економічні параметри

- Тариф на електроенергію: 7,5 грн/кВт·год
 - Тривалість зимового періоду роботи: 150 днів/рік
 - Заробітна плата оператора: 110 грн/год
 - Термін служби обладнання: 8 років
 - Вартість розробленого подрібнювача: 85 000 грн
 - Вартість аналога: 65 000 грн
 - Витрати на технічне обслуговування: 5% від вартості обладнання на рік
 - Потужність привода розробленої машини: 1,1 кВт
 - Потужність аналога: 2,2 кВт
- Розрахунок витрат електроенергії.

Розроблений подрібнювач. Добове споживання електроенергії: $1,1 \text{ кВт} \times 4,0 \text{ год} = 4,4 \text{ кВт} \cdot \text{год/добу}$. Вартість: $4,4 \times 7,5 = 33,0 \text{ грн/добу}$. Річні витрати: $33,0 \times 150 = 4950 \text{ грн/рік}$

Аналог. Добове споживання електроенергії: $2,2 \text{ кВт} \times 5,5 \text{ год} = 12,1 \text{ кВт} \cdot \text{год/добу}$. Вартість: $12,1 \times 7,5 = 90,75 \text{ грн/добу}$. Річні витрати: $90,75 \times 150 = 13\,612,5 \text{ грн/рік}$

Економія електроенергії $13\,612,5 - 4\,950 = 8\,662,5 \text{ грн/рік}$

Розрахунок трудових витрат.

Розроблена машина. Обслуговування виконує 1 оператор: $4,0 \text{ год} \times 110 = 440 \text{ грн/добу}$. Річні витрати: $440 \times 150 = 66\,000 \text{ грн/рік}$.

Аналог. Обслуговування потребує 2 оператори через меншу автоматизацію та складність завантаження: $5,5 \text{ год} \times 2 \times 110 = 1210 \text{ грн/добу}$. Річні витрати: $1210 \times 150 = 181\,500 \text{ грн/рік}$.

Економія трудових витрат $181\,500 - 66\,000 = 115\,500 \text{ грн/рік}$

Амортизаційні відрахування.

Розроблений подрібнювач $85\,000 / 8 = 10\,625 \text{ грн/рік}$.

Аналог $65\,000 / 8 = 8125 \text{ грн/рік}$.

Різниця: $10\,625 - 8\,125 = 2\,500 \text{ грн/рік}$ (додаткові витрати)

Витрати на технічне обслуговування.

Розроблений подрібнювач $85\,000 \times 5\% = 4\,250 \text{ грн/рік}$.

Аналог $65\,000 \times 5\% = 3\,250 \text{ грн/рік}$.

Різниця: $+1\,000 \text{ грн/рік}$.

Додаткові витрати розробленої машини: амортизація: $+2\,500 \text{ грн}$, ТО: $+1\,000 \text{ грн}$. Разом: $+3\,500 \text{ грн}$

Економія: електроенергія: $8\,662,5 \text{ грн}$, праця: $115\,500 \text{ грн}$.

Разом економія: $124\,162,5 \text{ грн/рік}$.

Чистий економічний ефект: $124\,162,5 - 3\,500 = 120\,662,5 \text{ грн/рік}$

Додаткові капіталовкладення: $85\,000 - 65\,000 = 20\,000 \text{ грн}$

Строк окупності: $20\,000 / 120\,662,5 \approx 0,166 \text{ року} \approx 2 \text{ місяці}$

Проведений техніко-економічний розрахунок показав, що

розроблений подрібнювач коренеплодів, незважаючи на дещо вищу початкову вартість порівняно з аналогом, має суттєві переваги в експлуатаційних витратах. Завдяки зменшеній встановленій потужності (1,1 кВт), підвищеній продуктивності та оптимізованій конструкції, машина забезпечує значне скорочення витрат електроенергії та трудових ресурсів.

Таблиця 5.1 – Порівняльна таблиця техніко-економічних показників

Показник	Розроблений подрібнювач	Аналог
Продуктивність, кг/год	750	550
Тривалість роботи, год/добу	4,0	5,5
Потужність привода, кВт	1,1	2,2
Вартість обладнання, грн	85 000	65 000
Електроенергія, грн/рік	4 950	13 612,5
Витрати на працю, грн/рік	66 000	181 500
ТО, грн/рік	4 250	3 250
Амортизація, грн/рік	10 625	8 125
Загальні експлуатаційні витрати, грн/рік	85 825	206 487,5
Річний економічний ефект, грн	120 662,5	–
Строк окупності	≈ 0,17 року (2 міс.)	–

Найбільший економічний ефект досягається за рахунок зменшення трудомісткості процесу подрібнення, що є визначальним фактором у загальній структурі витрат. Додаткові витрати на амортизацію та технічне обслуговування є незначними у порівнянні з отриманою економією.

Отриманий строк окупності (близько 2 місяців) свідчить про високу економічну доцільність впровадження розробленого обладнання у виробничий процес ферми великої рогатої худоби.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз сучасних технічних і технологічних рішень на фермах ВРХ та підходів до механізації годівлі. Встановлено, що розвиток скотарства спрямований на інтенсифікацію виробництва, автоматизацію процесів і підвищення продуктивності тварин, при цьому найбільш ефективною є безприв'язна боксово-стійлова система утримання. Показано, що перспективними є комплексні механізовані та автоматизовані лінії кормоприготування, які забезпечують підвищення якості кормів та ефективності їх використання. Особливо важливою операцією є подрібнення кормів, зокрема коренеплодів, яке суттєво впливає на їх засвоюваність і продуктивність тварин. Загалом сучасні технології спрямовані на зниження енерговитрат, підвищення рівня механізації та ефективності виробництва.

2. У другому розділі виконано проєктування механізованої лінії приготування кормів для ферми великої рогатої худоби. Обґрунтовано вибір способів утримання тварин: для дійного стада – прив'язний, для молодняка та відгодівлі – безприв'язний. Встановлено раціональний двозмінний режим роботи ферми, що забезпечує безперервність виробничих процесів. Сформовано структуру стада та визначено умовне поголів'я, яке становить 181 ум. гол., що використано для подальших розрахунків. Розраховано добову та разову потребу в коренеплодах (2715 кг буряку та 271,5 кг моркви взимку), що підтверджує необхідність застосування високопродуктивної механізованої лінії. Визначено зоотехнічні вимоги до підготовки коренеплодів та обґрунтовано доцільність механічного способу їх переробки. Розроблено технологічну схему, що включає приймання, очищення, подрібнення та вивантаження. Виконано розрахунок продуктивності лінії та підбір обладнання, запропоновано три варіанти комплектування машин. Отримані результати є основою для подальшого

вибору оптимального варіанта технологічної лінії та забезпечують ефективну організацію годівлі тварин і підвищення продуктивності ферми.

3. Проведений аналіз існуючих конструкцій подрібнювачів показав їх основні переваги й недоліки, зокрема обмежені можливості регулювання ступеня подрібнення та необхідність попередньої підготовки сировини. Запропоновано конструкцію дискового подрібнювача, яка забезпечує ефективне подрібнення, простоту будови та зручність експлуатації. Виконані технологічні розрахунки підтвердили достатню продуктивність машини (626...939 кг/год) і обґрунтували раціональні геометричні параметри бункера. Розрахунок потужності привода показав, що для надійної роботи достатньо електродвигуна потужністю 1,1 кВт. Проведена перевірка основних елементів на міцність підтвердила їх працездатність і відповідність допустимим напруженням.

4. Дотримання вимог охорони праці та заходів із захисту навколишнього середовища при експлуатації подрібнювача коренебульбоплодів забезпечує безпечну роботу персоналу, підвищує надійність обладнання та сприяє екологічно раціональному веденню господарства. Комплексний підхід до організації безпеки дозволяє мінімізувати виробничі ризики та забезпечити ефективне функціонування технологічного процесу кормоприготування.

5. Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показав, що розроблений подрібнювач має вищу продуктивність (750 кг/год проти 550 кг/год) і меншу тривалість роботи (4,0 год/добу проти 5,5 год/добу), при цьому споживає вдвічі меншу потужність (1,1 кВт проти 2,2 кВт). Економія досягається насамперед за рахунок зменшення витрат на електроенергію (4 950 грн/рік проти 13 612,5 грн/рік) та трудових витрат (66 000 грн/рік проти 181 500 грн/рік). Загальний річний економічний ефект становить 120 662,5 грн, що забезпечує короткий строк окупності близько 0,17 року ($\approx$ 2 місяці).

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Aliiev, E., Maliehin, R., Ivliev, V., & Aliieva, O. (2021). Simulation of the process of cavitation treatment of liquid feed. *Scientific Horizons*, 24(2), 16–26. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(2\).2021.16-26](https://doi.org/10.48077/scihor.24(2).2021.16-26)
2. Sankpal, N., Powar, V., Patil, S., Salunke, K., & Pandit, P. S. V. (2017). Design and modification of chaff cutter objectives. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5675–5683.
3. Sharma, & Mukesh. (2010). *Farm machinery design principles and problems* (1st ed.). Jain Brothers.
4. Telang, A. K. (2016). Design and modal formulation of power operated chaff cutter. *International Journal on Emerging Technologies*, 4, 0975–8364.
5. Woyessa, D., & Kidanemariam, G. (2022). Conceptual design of animal feed chopper with medium capacity. *American Journal of Food Science and Technology*, 1(1), 31–49. <https://doi.org/10.54536/ajfst.v1i1.532>
6. Алієв, Е. Б., & Білоус, І. М. (2025). Результати експериментальних досліджень дискового подрібнювача макухи нішевих олійних культур. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 38, 140–151. <https://doi.org/10.36710/ІОС-2025-38-13>
7. Алієв, Е. Б., & Білоус, І. М. (2025). Симуляція процесу руйнування зерна ударним різанням. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*, 12(43), 133–146. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12\(43\).1.133-146](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).1.133-146)
8. Алієв, Е. Б., Миколенко, С. Ю., Сова, Н. А., та ін. (2022). *Техніко-технологічне забезпечення безвідходної переробки зернової сировини у харчові продукти і корми*. Дніпро: ЛІРА. ISBN 978-966-981-687-0.
9. Білоцький, О. В. (2024). *Удосконалення лінії приготування кормів на фермі ВРХ з модернізацією кормодробарки* (Кваліфікаційна робота, Поліський національний університет, Житомир).

10. Буртник, Р. М. (2020). *Механізація приготування кормових сумішей з модернізацією мийки-коренерізки ИКМ-5* (Кваліфікаційна магістерська робота, Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький).
11. Гаврильченко, О. С., Дерун, С. Ю., Алієв, Е. Б., & Доруда, С. О. (2018). Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів бункера-дозатора комбікормів. У В. С. Лукач (Ред.), *Технології АПК ХХІ століття: проблеми і перспективи розвитку* (с. 209–220). Ніжин.
12. Доруда, С. О., & Алієв, Е. Б. (2015). До оцінки якості роботи змішувача-кормороздавача потокового типу. У *Інтенсифікація кормовиробництва – основа сталого розвитку галузі тваринництва* (с. 75–77). Полтава.
13. Кісільов, Р. В., Хмельовський, В. С., Лузан, П. Г., & Сисоліна, І. П. (2020). Дослідження двосекційного змішувача для приготування збалансованих сумішей на фермах ВРХ. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*, 50, 107–113.
14. Кротов, М. В. (2024). *Механізація виробництва кормової суміші з удосконаленням мийки-коренерізки ИКМ-5* (Магістерська дипломна робота, Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький).
15. Кухта, К. О. (2013). Еволюція технологій та обладнання для приготування комбікормів – основа дослідження економічної ефективності кормовиробництва. *Technology Audit and Production Reserves*, 6(3(14)), 21–25. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2013.19543>
16. Mahendra, G. A. R., Wulandari, D., Utama, F. Y., & Widoretno, Y. S. (2026). Design of an elephant grass chopping machine for the process of making silage for cattle feed. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(01), 752–760. <https://doi.org/10.26740/jrm.v11i01.75196>
17. Налобіна, О. О. Голотюк, М. В. Тхорук, Є. І. Дорошук, В. О. & Забродоцька, Л. Ю. (2022). Дослідження процесу змішування сипких

кормів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*, 3(99), 97–107.

18. Sharma, & Mukesh. (2010). *Farm machinery design principles and problems* (1st ed.). Jain Brothers.

19. Чихічин, І. В. (2025). *Механізація приготування кормових сумішей з удосконаленням мийки-коренерізки ИКМ-5* (Кваліфікаційна бакалаврська робота, Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький).

20. Форманюк, В. В. (2024). *Механізація приготування кормів з розробкою подрібнювача зерна* (Кваліфікаційна робота, Поліський національний університет, Житомир).

Додатки

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

Удосконалення механізованої технологічної лінії приготування кормів для ферми великої рогатої худоби з розробкою подрібнювача коренеплодів

Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи АІС-4-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Кремпа Дмитро Олегович

Керівник: доктор філософії
Лупко Кристина Олегівна

Дніпро, 2026

