

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

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

**Удосконалення технологічного процесу заготівлі вологого
зернофуражу з розробкою вальцевої плющилки**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу, групи АІ-3-21
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Коновалов Максим Миколайович

Керівник: _____ Лупко Кристина Олегівна

Рецензент: _____ Леперда Володимир Юрійович

Дніпро 2025

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

Кафедра інжинірингу технічних систем

Рівень вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
інжинірингу технічних систем
(назва кафедри)
ДОЦЕНТ
(вчене звання)
Дудін В.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«07» травня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Коновалов Максим Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення технологічного процесу заготівлі вологого зернофуражу з розробкою вальцевої плющилки

керівник проєкту Лупко Кристина Олегівна, докторка філософії

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«07» травня 2025 року № 964

2. Строк подання здобувачем проєкту 07.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз стану питання процесів та обладнання для заготівлі зернофуражу. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика господарства. 2. Проект удосконалення технологічного процесу заготівлі кормів. 3. Удосконалення плющилки вологого зернофуражу. 4. Охорона праці. 5. Економічна оцінка. Загальні висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема. 2. Кінематична схема. 3. Загальний вигляд. 4. Складальне креслення. 5. Корпус підшипника. 6. Фланець. 7. Стакан. 8. Цапфа вальця привідна. 9. Цапфа вальця. 10. Економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Лупко К.О.		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 07.05.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2025 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2025 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2025 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2025 р.	
5	Економічний	до 22.05.2025 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2025 р.	

Здобувач

(підпис)

Коновалов М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Лупко К.О.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

Затверд.	Дудін			дипломного проекту	ЛДАФУ АІ-3-21
----------	-------	--	--	--------------------	---------------

АНОТАЦІЯ

Коновалов М.М. Удосконалення технологічного процесу заготівлі вологого зернофуражу з розробкою вальцевої плющилки / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У дипломному проєкті представлено вступ, проведено аналіз виробничої діяльності господарства та зроблено висновки щодо необхідності розробки механізованої технологічної лінії заготівлі кормів. З урахуванням зоотехнічних вимог та існуючих технічних рішень виконано розрахунок параметрів технологічної лінії заготівлі кормів. Запропоновано конструктивні зміни для удосконалення роботи плющилки ПЗ-3,0. Розроблено заходи щодо покращення умов охорони праці та забезпечення техніки безпеки. Проведено економічний аналіз проєкту, сформульовано висновки, складено список використаної літератури та оформлено додатки.

Ключові слова: ВРХ, раціон, корми, ферма, молоко, механізована технологічна лінія, зернофураж, плющилка, пакувальник, прес.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Характеристика господарства	10
1.1 Загальні відомості	10
1.2 Характеристика рослинництва	11
1.3 Характеристика тваринництва	14
1.4 Перспективи розвитку тваринництва	
ТОВ «АФ «Перше Травня»	17
1.5 Обґрунтування теми дипломного проекту	19
1.6 Висновки	20
2 Проект удосконалення технологічного процесу заготівлі кормів	22
2.1 Обґрунтування важливості питання	22
2.2 Вихідні дані до проектування	23
2.3 Вибір технології заготівлі кормів	27
2.3.1 Заготівля сіна	27
2.3.2 Заготівля сінажу та силосу	28
2.3.3 Заготівля зернофуражу	31
2.4 Зберігання інших видів кормів	35
2.5 Висновки	36
3 Удосконалення плющилки вологого зернофуражу	38
3.1 Актуальність питання	38
3.2 Огляд конструкцій плющилок зерна	39
3.3 Опис технологічного процесу плющилки	42
3.4 Конструктивні та технологічні розрахунки	45
3.5 Висновки	54
4 Охорона праці	55
4.1 Загальні вимоги	55

4.2	Інструкція з охорони праці для оператора удосконаленої плющилки зерна	56
4.3	Висновки	58
5	Економічна оцінка	60
5.1	Вихідні дані	60
5.2	Розрахунок показників економічної ефективності	62
5.3	Висновки	63
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	64
	БІБЛІОГРАФІЯ	66
	ДОДАТКИ	69

ВСТУП

Сучасне тваринництво потребує високоякісних та поживних кормів, які забезпечують стабільний приріст живої маси тварин та високу продуктивність молочного і м'ясного скотарства. Одним із перспективних видів кормів є вологий зернофураж, що дозволяє зберігати природну вологість зерна та зменшити втрати поживних речовин під час зберігання. Вологий зернофураж має низку переваг, таких як підвищена перетравність, зниження витрат на сушіння та зберігання, що робить його ефективним кормовим компонентом у раціонах великої рогатої худоби та свиней.

Однак для отримання високоякісного вологого зернофуражу необхідне дотримання технологічних вимог під час його заготівлі та зберігання. Одним із ключових етапів цього процесу є плющення зерна, яке забезпечує збереження поживних речовин і підвищує його доступність для тварин. Водночас традиційні моделі плющилок мають низку недоліків, таких як недостатня продуктивність, підвищений знос робочих органів та значні витрати на експлуатацію.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в необхідності підвищення ефективності технологічного процесу заготівлі вологого зернофуражу за рахунок удосконалення конструкції вальцевої плющилки. Це дозволить знизити енерговитрати, підвищити продуктивність обладнання та покращити якість отриманого продукту. Розробка та впровадження такої плющилки сприятиме підвищенню економічної ефективності підприємства за рахунок зменшення собівартості кормів та забезпечення тваринництва якісною кормовою базою.

Метою дипломного проєкту є розробка вальцевої плющилки для заготівлі вологого зернофуражу з удосконаленими конструктивними і технологічними рішеннями, що забезпечать ефективну роботу обладнання та якісну обробку зерна.

Для досягнення поставленої мети у проєкті вирішуються такі завдання:

- аналіз існуючих технологій та обладнання для заготівлі вологого зернофуражу;

- розробка конструктивних та технологічних рішень для удосконалення вальцевої плющилки;
- розрахунок параметрів технологічного процесу плющення зерна;
- обґрунтування вибору конструктивних параметрів робочих органів плющилки;
- розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки під час експлуатації плющилки;
- проведення економічного аналізу ефективності впровадження удосконаленої технології.

Практичне значення роботи полягає в можливості застосування розробленої вальцевої плющилки на фермах та комбикормових підприємствах для підвищення якості кормів та зниження їх собівартості.

1 Характеристика господарства

1.1 Загальні відомості

ТОВ «Агрофірма «Перше Травня» розташоване в смт Томаківка Нікопольського району Дніпропетровської області. Підприємство спеціалізується на виробництві сільськогосподарської продукції, зокрема на вирощуванні зернових та кормових культур, а також розвитку тваринництва.

За даними метеорологічної станції, клімат на території господарства є помірно посушливим. Загальна кількість опадів за рік становить від 427 до 486 мм, що є характерним для степової зони України. Протягом року на території господарства переважають північні та північно-східні вітри.

Середньорічна температура повітря становить близько $+12^{\circ}\text{C}$. Теплий період року починається в квітні і триває до жовтня. Середня температура влітку досягає $+24^{\circ}\text{C}$, а максимальна – $+36^{\circ}\text{C}$. Взимку середньодобова температура становить -11°C , з мінімальною до -21°C .

Рельєф господарства є типовим для степової зони України — рівнинний, з незначними схилами та балками. Ґрунтовий покрив представлений південними чорноземами, які мають високу природну родючість. У зв'язку з аграрною спеціалізацією господарства, значна частина території розорана та використовується для вирощування сільськогосподарських культур.

Загальна площа земельних угідь ТОВ «АФ «Перше Травня» складає 3400 га, з яких:

Сільськогосподарські угіддя – 3340 га;

Рілля – 3200 га;

Сіножаті – 160 га;

Інші землі – 40 га.

Структура посівних площ господарства характеризується переважанням зернових та кормових культур, що відображено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Розмір та структура земельних угідь, га

Показники	2024 р.
Загальна земельна площа:	3400
у т.ч. сільгоспугіддя;	3340
з них рілля;	3200
у т.ч. зрошувана	-
Сіножаті:	160
у т.ч. поліпшуванні пасовища	-
Інші землі	40
Загальна кормова площа на одну умовну голову	450
Питома вага посівних культур у загальній посівній площі:	
Пшениця	1200
Ячмінь	650
Кукурудза на силос	600
Кукурудза на зерно	200
Просо	150
Рапс	140
Гречка	60

Представлені дані свідчать про орієнтацію господарства на вирощування високоврожайних зернових та кормових культур, що забезпечує стабільну кормову базу для розвитку тваринництва.

1.2 Характеристика рослинництва

Земельні угіддя ТОВ «АФ «Перше Травня» використовуються для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур, що дозволяє господарс-

тву забезпечувати тваринництво необхідною кормовою базою, а також реалізувати основні види зернових культур на ринку. Основними напрямками рослинництва є вирощування зернових, зернобобових, технічних та кормових культур.

До основних культур, що вирощуються на полях господарства, належать:

Зернові культури: пшениця, ячмінь, кукурудза на зерно та силос, просо, гречка;

Технічні культури: ріпак;

Кормові культури: багаторічні трави на зелений корм та сіно.

Структура посівних площ та врожайність сільськогосподарських культур

Врожайність основних культур господарства за останні два роки представлена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Структура посівних площ та врожайність
сільськогосподарських культур

Показники	2023		2024	
	площа, га	врожай- ність, ц/га	площа, га	врожай- ність, ц/га
Зернові разом:	3000		3000	
пшениця:	1200	50	1200	50
ячмінь	650	20	650	30
просо	150	30	150	20
рапс	140	15	140	17
гречка	60	12	60	11
Кукурудза на силос:	600	200	600	200
Кукурудза на зерно:	200	45	1000	50
Багаторічні трави:	110	240	110	300
- на зелений корм	50	140	50	150
- на сіно	60	100	60	150

Дані таблиці свідчать, що господарство демонструє стабільні показники врожайності основних зернових культур, які відповідають середньому рівню господарств Центрального степу України.

Завдяки вирощуванню значної кількості кормових культур господарство має можливість самостійно забезпечувати власні потреби в кормах для тваринництва. Інформація про забезпечення тваринництва кормами представлена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Забезпечення тваринництва кормами, ц

Показники	Концен- тровані корми	Грубі			Соковиті			Тварин- ного по- ходження
		разом	сіно	солома	силос	коренеп- лоди	зелений корм	
Річна потреба	600	730	280	450	2800	-	2508	63
Забезпеченість за рахунок вла- сного виробни- цтва	470	1011	420	519	4300	-	2000	63
Придбано із сторони	130	-	-	-	-	-	-	-
Усього	600	1741	700	1011	7100	-	100	100
Рівень забезпе- ченості, %	100	-	140	118	134	-	100	100

З даних таблиці видно, що господарство повністю забезпечує свої потреби в основних видах кормів за рахунок власного виробництва. Це є свідченням ефективного використання посівних площ та дотримання агротехнологічних вимог під час вирощування кормових культур.

Рослинництво в господарстві має важливе значення, оскільки забезпечує тваринництво якісними кормами, а також дозволяє реалізувати надлишок зернових на ринку. Врожайність основних культур відповідає середньому рівню регіону, що свідчить про стабільність виробництва. Разом з тим, існує потенціал для

підвищення продуктивності за рахунок удосконалення технологій обробітку ґрунту, оптимізації системи удобрення та захисту рослин.

Господарство має вигідне розташування із зручним транспортним сполученням, що дозволяє оперативно реалізовувати продукцію на ринку. Наявність міцної матеріально-технічної бази та кваліфікованих працівників сприяє стабільному розвитку рослинницької галузі.

Таким чином, рослинництво є основою виробничої діяльності господарства, забезпечуючи його потреби в кормах та формуючи товарну продукцію для реалізації.

1.3 Характеристика тваринництва

Тваринництво є одним із ключових напрямів діяльності ТОВ «АФ «Перше Травня». Основна спеціалізація тваринницької галузі — молочне скотарство. Поголов'я представлено в основному тваринами червоної степової породи, а також помісями, отриманими в результаті схрещення корів цієї породи з голштинськими бугаями-плідниками. Це дозволяє отримувати високопродуктивних тварин із підвищеною молочною продуктивністю.

Породний склад стада

У господарстві виділяють чистопородних та помісних тварин. У 2024 році чисельність поголів'я склала:

Чистопородні тварини — 145 голів (66% від загального стада);

Помісні тварини — 75 голів (25%);

Невизначені за породою (через відсутність документації) — 21 голова.

Таблиця 1.4 - Породний склад стада

Показник	2023	2024
Чистопородні, гол.	133	145
Помісні, гол.	87	75

Протягом останніх років у господарстві ведеться активна робота з покращення породного складу, що дозволяє збільшувати частку чистопородних тварин. Це позитивно впливає на продуктивність стада та якість продукції.

Тварини у господарстві підлягають обов'язковій оцінці за комплексом ознак: живою масою, конституцією, екстер'єром, молочністю, породністю та відтворною здатністю. За результатами оцінки кожній тварині присвоюють відповідний клас: еліта, перший та другий клас.

Таблиця 1.5 - Класний склад стада, гол

Показник	2013	2014
Еліта	11	18
1 клас	168	166
2 клас	41	36

Основну частину стада складають тварини першого класу, проте у господарстві працюють над збільшенням кількості тварин класу "еліта" та зменшенням частки другого класу, оскільки вони мають нижчі показники продуктивності. Тварини мають різний вік та продуктивність. Найвищу молочну продуктивність демонструють корови у віці четвертої лактації, що враховується під час ведення селекційної роботи.

Таблиця 1.6 - Віковий склад стада, гол

Вік по лактаціях	Показники на кінець 2014 р.
Перша лактація	46
Друга лактація	20
3 і старше лактація	154

Господарство використовує прив'язне утримання корів, що дозволяє забезпечити індивідуальний підхід до годівлі та догляду за кожною твариною. Приміщення для утримання тварин відповідають санітарно-гігієнічним вимогам:

Площа вікон у корівниках складає від 1/10 до 1/6 площі підлоги для забезпечення природного освітлення. Приміщення щорічно білять погашеним вапном, а тричі на місяць проводять санітарні дні з прибиранням та дезінфекцією. Влітку корів утримують у літньому таборі з легкими навісами та засобами механізації для роздачі кормів і видалення гною. Для покращення здоров'я та продуктивності в спекотні дні тварин купують у водоймі.

Для забезпечення високої продуктивності корів господарство використовує нормовану годівлю із застосуванням комбікормів, що включають: соєва мاکуха - 0,5 кг; кукурудза - 1 кг; зерно сорго - 1 кг; ячмінь - 0,5 кг.

Кормороздавання здійснюється за допомогою мобільних роздавачів КТУ-10, що дозволяє забезпечити рівномірний розподіл корму між тваринами.

Доїння корів проводиться на місці утримання за допомогою доїльних установок УДМ-100 із збором молока у молокопровід. Для збереження якості молока використовують танк-охолоджувач закритого типу DXCE De Laval, що забезпечує швидке охолодження до +4°C.

Для забезпечення оптимальних умов мікроклімату приміщення обладнані системою вентиляції, що забезпечує повітрообмін: для дорослої худоби та молодняка – не менше 17 м³/год. Для телят – не менше 20 м³/год. на кожен центнер живої маси.

Система водопостачання реалізована через баштову систему Рожновського та індивідуальні поїлки фірми Manro Pool. Вода за своїми характеристиками відповідає вимогам ДСТУ 2874-73 «Вода питна».

Продуктивність галузі тваринництва залежить від низки факторів, зокрема від ефективності використання кормів, умов утримання та догляду за тваринами. Дані про валову продукцію та витрати праці наведено в таблиці 1.7.

Проаналізувавши показники виробництва та економічні показники, можна зробити висновок, що тваринництво у господарстві є рентабельним, проте існує потенціал для підвищення ефективності виробництва за рахунок покращення умов утримання та зменшення собівартості продукції.

Таблиця 1.7 - Валова продукція та продуктивність праці

Показники	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Валова продукція тваринництва, тис. грн.	0,560	0,600	1050
Затрати праці, тис. люд.-год. :			
у т.ч. в тваринництві	53	56	56
Виробництво валової продукції тваринництва на 1 середньорічного працівника, грн.	7	8	12
Затрати праці, люд.-год.:			
на 1 ц молока;	5	6	5
на 1 ц приросту;	24	25	27
на 1 ц приросту свиней	22	21	21

1.4 Перспективи розвитку тваринництва ТОВ «АФ «Перше Травня»

ТОВ «АФ «Перше Травня» має чіткі стратегічні плани розвитку тваринницької галузі, які спрямовані на підвищення продуктивності та ефективності виробництва, а також на покращення умов утримання тварин. Основні напрями розвитку передбачають:

1. Збільшення поголів'я корів

Керівництво підприємства планує поступово збільшити поголів'я корів з наявного рівня до 400 голів. Це дозволить збільшити обсяги виробництва молока та підвищити прибутковість господарства.

2. Впровадження сучасної системи підготовки та роздачі кормів

Для забезпечення високої продуктивності та якісного харчування тварин планується використання сучасного міксера WP Metaltech Polska, який дозволить:

- підвищити ефективність процесу приготування кормосумішей;

- забезпечити однорідність корму, що позитивно вплине на продуктивність корів;

- скоротити витрати часу на підготовку та роздачу кормів.

3. Оптимізація засобів механізації

У зв'язку зі збільшенням поголів'я та впровадженням нових технологій виникає необхідність перегляду засобів механізації:

- вибір та встановлення додаткових кормороздавачів для забезпечення рівномірного розподілу корму;

- модернізація системи видалення гною для підтримки чистоти у тваринницьких приміщеннях;

- переоснащення доїльного обладнання для підвищення ефективності доїння та зниження ручної праці.

4. Покращення умов утримання та догляду за тваринами

Для досягнення високих показників продуктивності планується:

- реконструкція тваринницьких приміщень з метою забезпечення кращої вентиляції та освітлення;

- встановлення систем автоматичного контролю параметрів мікроклімату;

- оптимізація площі літніх таборів для випасання та відпочинку тварин.

5. Вдосконалення селекційної роботи

Для підтримання високої продуктивності молочного стада буде продовжено селекційну роботу, спрямовану на поліпшення породних якостей корів, зокрема:

- збільшення частки високопродуктивних тварин класу «еліта»;

- використання високоякісних бугаїв-плідників для отримання перспективного молодняку.

6. Підвищення рівня механізації та автоматизації

Для забезпечення стабільного розвитку тваринницької галузі планується:

- впровадження автоматизованих систем управління виробничими процесами;

- використання сучасних технологій контролю за станом тварин, їх продуктивністю та здоров'ям.

7. Підвищення кваліфікації працівників

Для забезпечення ефективної роботи підприємства передбачається проведення навчання та підвищення кваліфікації персоналу з використання сучасних технологій та обладнання.

Таким чином, стратегічний план розвитку тваринницької галузі ТОВ «АФ «Перше Травня» спрямований на збільшення продуктивності тварин, підвищення якості виробленої продукції та зниження собівартості її виробництва. Це дозволить підприємству зміцнити свої позиції на ринку та забезпечити стабільний дохід.

1.5 Обґрунтування теми дипломного проекту

Тема дипломного проекту «Удосконалення технологічного процесу заготівлі вологого зернофуражу з розробкою вальцевої плющилки» є актуальною та важливою для забезпечення ефективної роботи тваринницької галузі ТОВ «АФ «Перше Травня». Високоякісні корми є основою для отримання стабільної продуктивності молочного та м'ясного скотарства, а також сприяють зниженню собівартості продукції за рахунок оптимізації витрат на їх заготівлю та приготування.

Однією з основних складових витрат у тваринництві є витрати на корми. До складу цих витрат входять: експлуатаційні витрати на заготівлю кормів (енерговитрати, амортизація обладнання, заробітна плата працівників); капітальні вкладення на придбання обладнання та модернізацію існуючої техніки.

Для зменшення собівартості продукції тваринництва необхідно оптимізувати процес заготівлі кормів, знизити енерговитрати та забезпечити стабільну якість кормосумішей. Це особливо важливо у контексті використання вологого зернофуражу, який має підвищену поживну цінність та кращу перетравність порівняно із сухими кормами.

Метою дипломного проєкту є зменшення питомих приведених витрат на заготівлю вологого зернофуражу шляхом розробки та впровадження вальцевої плющилки.

Таким чином, дипломний проєкт має на меті підвищити ефективність технологічного процесу заготівлі вологого зернофуражу, що сприятиме підвищенню продуктивності тваринництва та зниженню собівартості виробництва продукції.

1.6 Висновки

1. ТОВ «АФ «Перше Травня» є сільськогосподарським підприємством, розташованим у смт Томаківка Нікопольського району Дніпропетровської області, яке спеціалізується на рослинництві та тваринництві. Господарство має земельний фонд площею 3400 га, з яких 3200 га — рілля. Основними культурами є кукурудза, пшениця, ячмінь, багаторічні трави та ріпак.

2. У рослинництві господарства домінують зернові та кормові культури, які забезпечують стабільну кормову базу для тваринництва. Врожайність основних культур відповідає середнім показникам для господарств Центрального степу України.

3. Тваринництво господарства спеціалізується на молочному скотарстві. Поголів'я представлено тваринами червоної степової породи та її помісями з голштинськими бугаями. Проводиться селекційна робота для підвищення продуктивності стада.

4. Приміщення для утримання тварин відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, використовується прив'язне утримання корів із забезпеченням нормованої годівлі. Застосовується механізована система видалення гною та роздачі кормів.

5. Господарство має стабільні економічні показники у тваринництві, проте існує потенціал для підвищення продуктивності шляхом вдосконалення технології годівлі та заготівлі кормів.

6. Перспективи розвитку господарства включають збільшення поголів'я корів до 400 голів, удосконалення системи підготовки та роздачі кормів із використанням міксерів WP Metaltech Polska, а також модернізацію засобів механізації.

7. Аналіз поточного стану виробничої діяльності господарства та виявлені проблеми стали основою для обґрунтування теми дипломного проєкту, що передбачає удосконалення технологічного процесу заготівлі вологого зернофуражу з розробкою вальцевої плющилки.

2 Проект удосконалення технологічного процесу заготівлі кормів

2.1 Обґрунтування важливості питання

Зниження темпів виробництва продукції тваринництва, яке спостерігається останнім часом, пов'язане з незадовільним станом кормової бази. Недостатня забезпеченість кормами та їх низька якість призводять до того, що генетичний потенціал тварин реалізується лише на 40–90%. Це не лише обмежує продуктивність тварин, але й негативно впливає на економічні показники, оскільки корми становлять до 70% витрат у структурі собівартості продукції тваринництва. У зв'язку з цим підвищення якості кормів, зменшення втрат поживних речовин під час заготівлі та зберігання є важливою передумовою підвищення продуктивності тварин та ефективності галузі в цілому.

Основною проблемою є недостатній рівень механізації та застарілі технології заготівлі кормів. Більшість господарств використовують машини старих моделей, які мають низьку продуктивність, високі витрати енергії та не забезпечують належної якості кормів. Недостатня кількість сучасної кормозбиральної техніки та її номенклатура не дозволяють ефективно заготовлювати корми в необхідному обсязі та з високою поживною цінністю. Це призводить до значних втрат поживних речовин як у процесі заготівлі, так і під час зберігання кормів.

Сучасні тенденції розвитку кормовиробництва свідчать про перехід до гнучких технологій, які дозволяють мінімізувати втрати поживних речовин та забезпечити стабільну якість кормів. Зарубіжні технології заготівлі кормів характеризуються високою продуктивністю, якісним виконанням технологічного процесу, багатофункціональністю техніки, автоматизацією процесів і можливістю виконання безперевалочних операцій. Це дозволяє знизити витрати на обслуговування обладнання та підвищити продуктивність праці.

В умовах України значну частку кормів заготовлюють за традиційними технологіями з використанням застарілої техніки, що призводить до високих витрат енергії та низької якості кормів. Це негативно впливає на продуктивність тварин

та економічні показники виробництва. Як показує практика, частка кормових витрат у собівартості продукції тваринництва становить 40–50% у виробництві молока та 60–90% у виробництві м'яса свиней. Це підкреслює важливість оптимізації процесу заготівлі та приготування кормів, що є ключовим фактором у формуванні ефективного виробництва продукції тваринництва.

Отже, для підвищення ефективності виробництва на молочнотоварній фермі необхідно вдосконалити технологічну лінію заготівлі кормів, забезпечивши її високопродуктивним та енергоефективним обладнанням. Це дозволить знизити витрати поживних речовин, підвищити продуктивність тварин та зменшити витрати на корми. В рамках даного проекту пропонується розробка технологічної лінії заготівлі вологого зернофуражу із застосуванням вальцевої плющилки, що забезпечить рівномірне та якісне оброблення кормів і підвищить їх поживну цінність.

2.2 Вихідні дані до проектування

Для ефективної організації технологічного процесу заготівлі та роздачі кормів на молочнотоварній фермі необхідно визначити кількість поголів'я тварин та їх річну потребу в кормах. Враховуючи перспективи розвитку тваринництва, описані в розділі 1, поголів'я на оновленій фермі буде становити 567 голів, які розподілені за виробничими групами (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Структура стада

Технологічна група	Структура*, %	Поголів'я, гол
Корови	67	400
Нетелі	13	62
Телиці	16	85
Молодняк	4	20
ВСЬОГО	100	567

*Реалізація телят в 20 денному віці.

Для забезпечення повноцінної годівлі тварин на фермі прийнято використовувати раціон, що відповідає зоні Центру України. Враховуючи цей раціон, розраховано річну потребу в кормах на одну корову та загальну потребу для всього поголів'я. Розрахунок проводиться з урахуванням нормативів годівлі та фактичного споживання кормів (табл. 2.2 – 2.4).

Таблиця 2.2 - Річна норма потреби в кормах на одну корову в рік, кг

Вид кормів	Період годівлі	
	зимовий	літній
Силос	3150	-
Сінаж	840	-
Сіно	840	-
Буряки	1470	-
Концентрати	1057	780
Зелена маса		7130

Таблиця 2.3 - Добовий раціон годівлі для нетелів та телиць

Вид кормів	Період годівлі	
	зимовий	літній
Силос	20	-
Сіно	4,5	-
Буряки	2,5	-
Концентрати	0,6	0,6
Мікрелементи	0,14	0,14
Зелена маса	-	30
Всього	27,74	30,74

Таблиця 2.4 - Добовий раціон годівлі для молодняка до року

Вид кормів	Період годівлі	
	зимовий	літній
Силос	2,2	-
Сіно	1,1	-
Буряки	2,2	-
Концентрати	1,1	1,4
Молоко	3,3	3,9
Мікрелементи	0,013	0,013
Зелена маса	-	3,9
Всього	9,913	9,213

$$G_{pk} = n_k G_i / 1000, m \quad (2.1)$$

де G_{pk} – річна потреба в кормах для корів, т.;

n_k – загальне поголів'я голів на фермі, (табл. 2.1);

G_i – річна потреба в і-ому виді корму на одну корову, (табл. 2.2).

Виходячи з цього річна потреба в сіні складе

$$G_{pk}^{сіна} = 400 \cdot 840 / 1000 = 336 m.$$

Для інших видів кормів розрахунок робимо аналогічно, дані заносимо до табл. 2.5. Річну потребу в кормі для нетелів, телиць старше року та молодняка до року виконуємо виходячи із добового раціону (табл. 2.3, 2.4).

Річну потребу в і-тому виді корму розраховуємо за формулою:

$$G_p = \frac{n_i (G_{с.л.} \cdot t_{л.} \cdot \kappa + G_{с.з.} \cdot t_{з.} \cdot \kappa)}{1000}, m \quad (2.4)$$

де G_p – річна потреба в i -тому виді корму, т;

$G_{с.л.}$, $G_{с.з.}$ – добова потреба в i -тому виді корму, відповідно в літній і зимовий період, кг;

$t_{л.}$, $t_{р.}$ – тривалість літнього та зимового періоду годівлі, днів;

k – коефіцієнт запасу кормів, $k = 1,05 \dots 1,25$.

Дані по розрахунку заносимо в табл. 2.5.

Наприклад, річна потреба в силосі для нетелів та телиць старше року складе:

$$G_{рк}^{сил} = \frac{(62 + 85) \cdot (20 \cdot 210 \cdot 1,25)}{1000} = 771,8 \text{ т}$$

Для інших видів кормів та вікових груп розрахунок робимо аналогічно, дані заносимо до табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Річна потреба в кормі, т

Вид кормів	Корови	Нетелі та телиці старше року	Молодняк до року	Річна потреба по фермі, т
Силос кукурудзяний	1260	771,8	13,3	2045,1
Сіно	336	173,6	6,6	516,2
Сінаж	336	0	0	336
Буряки	588	84,9	11,7	684,6
Концентрати	734,8	33,8	10,8	779,4
Мікрелементи	0	7,9	0,23	8,13
Зелені корми	2852	786,1	16,0	3654,1

2.3 Вибір технології заготівлі кормів

2.3.1 Заготівля сіна

Сіно є одним із основних видів грубих кормів, які використовуються для годівлі великої рогатої худоби. Основною вимогою до якісного сіна є низький вміст вологи, який має становити 14–17%. Це дозволяє зберегти поживні речовини трав та забезпечити їх тривале зберігання без псування. Для отримання сіна використовують як бобові та злакові кормові трави, так і травостій природних та поліпшених кормових угідь.

Існує кілька основних технологій заготівлі сіна, які відрізняються за способом підготовки та зберігання корму.

Заготівля розсипного сіна: це традиційний метод, за якого скошена трава висушується природним шляхом на полі, а потім збирається та транспортується до місця зберігання. Такий метод є найпростішим, але має значні втрати поживних речовин через вплив сонця та дощу.

Заготівля пресованого сіна: трава після скошування та підсушування збирається і пресується у тюки або рулони. Це дозволяє зменшити об'єм сіна у 1,5–2 рази, що полегшує транспортування та зберігання. Пресоване сіно має менші втрати поживних речовин під час зберігання.

Заготівля сіна з досушуванням активним вентиляванням: ця технологія передбачає використання систем активної вентиляції для швидкого зниження вологості трави до нормативних показників. Вона дозволяє зменшити втрати поживних речовин та отримати сіно високої якості.

Для підвищення ефективності заготівлі та зберігання кормів на молочнотоварній фермі прийнято рішення використовувати технологію заготівлі пресованого сіна. Цей метод має низку переваг:

Менші польові втрати: скорочується кількість технологічних операцій на полі, що зменшує втрати поживних речовин.

Зручне зберігання: завдяки високій щільності пресованого сіна воно займає менше місця і може зберігатися у спеціалізованих приміщеннях.

Зниження витрат праці та палива: використання пресів дозволяє скоротити затрати праці на 15–18% та зменшити витрати палива на 10–40%.

Повна механізація процесу: пресоване сіно можна завантажувати, транспортувати та роздавати механізованими засобами.

На молочнотоварній фермі прийнято рішення зберігати сіно у пресованому вигляді у капітальних сховищах (сараях). Для цього обрано типовий проект сараю ТП 801-306, який має такі характеристики:

ємність сховища: 700 тон;

розміри приміщення: 18 × 48 метрів;

конструкція: капітальна будівля із захистом від атмосферних опадів та можливістю механізованого завантаження та вивантаження сіна.

Використання такої технології заготівлі та зберігання сіна дозволить значно знизити втрати поживних речовин, забезпечити тривале зберігання корму без втрати його якості та підвищити ефективність використання кормової бази на фермі.

2.3.2 Заготівля силосу і сінажу

Сінаж та силос є основними видами соковитих кормів, які використовуються для годівлі великої рогатої худоби. Вони забезпечують тварин поживними речовинами протягом усього року, дозволяючи підтримувати стабільний рівень продуктивності. Основними культурами для заготівлі сінажу є бобові трави, такі як конюшина і люцерна. Оптимальні строки скошування для бобових трав - фаза бутонізації, для злакових - фаза колосіння.

На сучасному етапі існує кілька основних способів заготівлі **сінажу**:

В буртах та курганах. Традиційний метод, що передбачає укладання підв'яленої маси у великі насипи з наступним ущільненням і накриттям.

В траншеях. Поширений метод, який забезпечує якісне ущільнення маси та захист від впливу зовнішнього середовища.

В сінажних баштах. Спеціалізовані вертикальні сховища, що дозволяють ефективно зберігати сінаж.

В рулонах та тюках, обгорнутих плівкою. Це сучасний метод, який дозволяє зберігати сінаж у компактних пакунках, що не потребують капітальних сховищ.

В полімерних мішках (рукавах). Один із найбільш ефективних методів, який дозволяє зберігати сінаж із мінімальними втратами та забезпечує високу якість корму.

Сінаж може заготовлятися як без додавання консервантів, так і з їх використанням, що дозволяє покращити якість корму та продовжити термін його зберігання.

Переваги технології заготівлі сінажу в рулонах: зменшення витрат палива завдяки механізації процесу, висока якість та низькі втрати корму під час заготівлі та зберігання, відсутність необхідності у будівництві капітальних сховищ, спрощення технологічного процесу, незалежність від погодних умов, зменшення матеріаломісткості процесу заготівлі.

Недоліки: високі витрати на пакувальний матеріал (плівку).

Силос - це корм, отриманий методом біологічного консервування зеленої маси шляхом молочнокислого бродіння. Молочнокислі бактерії в анаеробному середовищі зброджують цукри в молочну та оцтову кислоти, що забезпечує стабільне зберігання корму без псування. Основними технологіями заготівлі силосу є:

В буртах та курганах. Традиційний метод, який передбачає укладання зеленої маси в насипи з наступним ущільненням та накриттям.

В траншеях. Один із найпоширеніших методів, що дозволяє ефективно ущільнювати масу та захищати її від зовнішнього впливу.

В полімерних мішках (рукавах). Сучасний метод, що дозволяє зберігати силос із мінімальними втратами поживних речовин та без потреби у капітальних сховищах.

Переваги технології заготівлі силосу в полімерних мішках: зменшення витрат палива та праці, висока якість та низькі втрати корму, відсутність витрат на будівництво сховищ, низька матеріалоемність процесу заготівлі.

Недоліки: високі витрати на пакувальний матеріал (плівку).

Враховуючи суттєві переваги заготівлі силосу та сінажу в полімерних мішках (рукавах), цей метод було обрано для використання на нашій фермі. Він дозволяє забезпечити високу якість кормів, мінімізувати втрати поживних речовин та знизити витрати на їх заготівлю та зберігання. Умови зберігання у полімерних рукавах забезпечують анаеробне середовище, яке є оптимальним для процесу консервування, що гарантує стабільність кормів протягом тривалого часу.

Необхідну кількість пакувальників визначимо з виразу:

$$n = \frac{G_{\text{сил+сінаж}}}{W_{\text{ч}} \cdot T \cdot N}, \quad (2.5)$$

де $W_{\text{ч}}$ - годинна продуктивність машини (для пакувальника УСМ-1 – 30 т/год);

T - тривалість зміни (8 год);

N - кількість робочих днів.

$$n = \frac{2045,1 + 336}{30 \cdot 8 \cdot 10} = 0,99.$$

Приймаємо 1 пакувальник УСМ-1 (рис. 2.5)



Рисунок 2.5 - Загальний вигляд пакувальника УСМ-1

2.3.3 Заготівля зернофуражу

Зернофураж - це зерно різних зернових культур (кукурудзи, ячменю, пшениці тощо), яке використовується для годівлі великої рогатої худоби та інших тварин. За традиційними технологіями зберігання зернофуражу здійснюється в спеціалізованих зерноскладах при вологості зерна, що не перевищує 12–14%. Однак така технологія вимагає попереднього досушування зерна, що пов'язано зі значними енерговитратами. Крім того, перед згодовуванням зерно піддається додатковій обробці: подрібненню, екструдуванию або плющенню.

У сучасних умовах все більше поширення отримує технологія заготівлі вологого зернофуражу. Цей метод має низку переваг та забезпечує високу якість корму з мінімальними втратами поживних речовин. Основна ідея полягає у використанні зерна в стадії воскової стиглості, коли його вологість становить 35–40%. Це дозволяє отримати зерно з підвищеною поживною цінністю без потреби в його досушуванні. Технологічний процес заготівлі вологого зернофуражу включає такі основні етапи:

Збирання зернофуражу: виконується зернозбиральними комплексами в стадії воскової стиглості (вологість зерна 35–40%). Це забезпечує високий вміст поживних речовин та знижує витрати на збирання.

Транспортування зерна до місця зберігання: зібране зерно оперативно транспортується на спеціальну площадку для подальшої обробки.

Обробка зерна: зерно піддається плющенню на вальцевій плющилці. У нашому випадку використовується плющилка ПЗ-3,0, яка вже є в наявності на фермі. Її продуктивність на вологому зерні становить 6 т/год.

Внесення консервантів: для забезпечення тривалого зберігання та запобігання псуванню зерна в нього додають консерванти (препарати на основі органічних кислот).

Пакування та зберігання: плющене зерно закладається у поліетиленові рукави на спеціально облаштованій площадці. Це забезпечує герметичні умови зберігання та запобігає втратам поживних речовин. Для пакування використовується пакувальник УСМ-1.

Технологія заготівлі вологого зернофуражу була обрана для використання на фермі через її численні переваги. Вона дозволяє зберігати корм з мінімальними втратами поживних речовин та значно знижує витрати на енергоресурси. Це підвищує економічну ефективність виробництва та забезпечує стабільне надходження якісного корму протягом року.

Необхідна кількість плющилок буде рівна:

$$n = \frac{G_{\text{к.к.}}}{W_q \cdot T \cdot N}, \quad (2.6)$$

де W_q - годинна продуктивність машини (для ПЗ-3,0 – 6 т/год);

T - тривалість зміни (8 год);

N - кількість робочих днів (тривалість періоду воскової стиглості зерна кукурудзи = 16 днів).

$$n = \frac{779}{6 \cdot 8 \cdot 16} = 1,01.$$

Тобто достатньо 1 плющилки ПЗ-3.

Транспортування плющеного зерна від плющили до місця пакування будемо здійснювати за допомогою тракторного агрегату МТЗ-82+2ПТС-4, необхідну кількість яких розрахуємо далі.

Мінімальну кількість мобільних агрегатів, які забезпечать своєчасну доставку зерна до місця пакування визначаємо по формулі:

$$n_{\text{моб}} = \frac{i_p}{i_1}, \quad (2.7)$$

де i_p – кількість рейсів, які необхідно зробити;

i_1 – кількість рейсів, яку може виконати один агрегат за час зміни.

$$i_p = \frac{G_{\text{доб}}}{G_{\text{моб}}}, \quad (2.8)$$

де $G_{\text{доб}}$ - добовий об'єм транспортування, кг;

$$G_{\text{доб}} = \frac{G_{\text{к.к.}}}{N} = \frac{779}{16} = 48,6. \quad (2.9)$$

$G_{\text{моб}} = 4000$ кг – вантажопідйомність мобільного агрегату (для 2ПТС-4М).

$$i_p = \frac{48,6}{4} = 12,1.$$

Кількість рейсів, які може виконати один мобільний агрегат за час зміни визначаємо за формулою

$$i_1 = \frac{t_{зм} 3600}{T_{ц.моб}}, \quad (2.10)$$

де $T_{ц.моб}$ – тривалість одного рейсу мобільного засобу, с.

$$T_{ц.моб} = T_x + T_{зав} + T_p + T_{роз}, \quad (2.11)$$

де T_x – тривалість холостого переїзду, с;

$$T_x = \frac{l_{cn}}{V_x} = \frac{200}{4,2} = 47,6с \quad (2.12)$$

де $l_{cn} = 200$ м – максимальна відстань від плющили до місця зберігання зернофуражу, м;

$V_x = 4,2$ м/с – швидкість руху не завантаженого агрегату.

Тривалість завантаження причепа визначаємо за формулою:

$$T_{зав} = \frac{3600G_{моб}}{Q_3}, \quad (2.13)$$

де Q_3 – продуктивність завантажувального пристрою, кг/год.

Продуктивність при навантаженні комбікорму приймаємо рівною продуктивності плющилки – 6000 кг/год.

$$T_{зав} = \frac{3600 \cdot 4000}{6000} = 2400с.$$

Тривалість переїзду завантаженого агрегату до сховища

$$T_p = \frac{l_{cn}}{V_p} = \frac{200}{2,8} = 71,4с \quad (2.14)$$

де $V_p = 2,8$ м/с – швидкість руху завантаженого агрегату;

$T_{роз}$ – час розвантаження, який рівний:

$$T_{роз} = \frac{3600 \cdot G_{моб.}}{W_{нак.}} = \frac{3600 \cdot 4}{30} = 480 \text{ с.}$$

Тоді

$$T_{ц.моб} = 47,6 + 2400 + 71,4 + 480 = 2999 \text{ с.}$$

Виходячи з цього маємо

$$i_{ц} = \frac{3600 \cdot 8}{2999} = 9,6.$$

Кількість мобільних агрегатів складе

$$n_{моб} = \frac{12,1}{9,6} = 1,26.$$

Приймаємо 2 агрегати.

2.4 Зберігання інших видів кормів

Для зберігання буряків приймаємо типові механізовані сховища ТП 813-154 місткістю 800 т, розміром 12×42 м.

Мікродомішки зберігаємо в ємкості, місткість якої визначаємо по формулі:

$$V^{нам} = \frac{G_p^{м.д.} \cdot \psi}{\phi \rho_{м.д.}}, \quad (2.15)$$

де $G_p^{м.д.} = 8,13$ т – річна потреба в мікродомішках, (табл. 2.5.);

Ψ – коефіцієнт запасу ємкості Приймаємо $\Psi=1,4$.

ϕ – коефіцієнт заповнення бункеру. Приймаємо $\phi = 0,9$.

$\rho = 1,8 \text{ т/м}^3$ – щільність мікродомішок.

Тоді

$$V^{nam} = \frac{8,13 \cdot 1,4}{0,9 \cdot 1,8} = 7,17 \text{ м}^3.$$

Приймаємо бункер ємністю 8 м^3 .

2.5 Висновки

У даному розділі було обґрунтовано вибір технологій заготівлі основних видів кормів для молочнотоварної ферми та визначено способи їх зберігання. Загальний об'єм кормів, необхідних для зберігання на фермі, становить 4369,43 т. Для кожного виду корму були обрані оптимальні технології заготівлі та зберігання:

1. Сіно зберігається в пресованому вигляді у спеціальному сараї за типовим проектом ТП 801-306. Це забезпечує компактність зберігання та зменшує втрати поживних речовин.

2. Силос та сінаж зберігаються у поліетиленових рукавах. Цей метод дозволяє мінімізувати втрати поживних речовин та забезпечити тривале зберігання кормів за герметичних умов.

3. Зерновий корм (вологий зернофураж) також зберігається у поліетиленових рукавах у плющеному вигляді. Це дозволяє зберегти високу поживність корму та знизити витрати на його обробку перед згодовуванням.

4. Буряки зберігаються у механізованому сховищі за типовим проектом ТП 813-154. Це забезпечує зручний доступ до корму та зменшує втрати під час зберігання.

5. Усі технологічні процеси заготівлі кормів були механізовані, що значно підвищує ефективність роботи ферми та знижує витрати ручної праці. Впровадження сучасних технологій та механізмів дозволяє забезпечити стабільне надходження високоякісних кормів для тварин.

У наступному розділі буде проведено удосконалення вальцевої плющилки ПЗ-3,0 з урахуванням особливостей її використання в умовах ферми. Це дозволить підвищити продуктивність обладнання та покращити якість корму.

3 Удосконалення плющилки вологого зернофуражу

3.1 Актуальність питання

Удосконалення технології заготівлі кормів є одним із ключових напрямів підвищення ефективності тваринництва. Одним із найважливіших компонентів кормової бази є зернофураж, який традиційно використовується у подрібненому або екструдованому вигляді. Однак сучасні дослідження та практика показують, що використання плющеного зерна має низку важливих переваг.

З точки зору фізіології годівлі сільськогосподарських тварин, використання плющеного зерна забезпечує оптимальне травлення та засвоєння поживних речовин. Це обумовлено тим, що при плющенні зерна: порушується зовнішня оболонка зернівки, що полегшує доступ шлункових соків до внутрішнього вмісту зерна, утворюються внутрішні тріщини, які забезпечують ефективний вплив ферментів на крохмаль та білки зерна, зерно перетворюється у пластівці, які стимулюють моторну активність шлунково-кишкового тракту жуйних тварин. Це особливо важливо для молодняку, оскільки сприяє правильному розвитку травної системи.

На відміну від традиційного подрібнення зерна, при якому утворюється велика кількість дрібної фракції (пилу), що може викликати проблеми із травленням, плющене зерно має оптимальний розмір часточок, що забезпечує: поступове розщеплення корму у шлунку, що покращує процес травлення, зниження ризику накопичення кормової маси на дні рубця у жуйних, поліпшення загальної поживної цінності корму за рахунок кращого засвоєння поживних речовин.

Аналіз існуючих способів обробки зерна показує, що технологія плющення має суттєві переваги перед звичайним дробленням або подрібненням. Це

пояснюється тим, що плющене зерно має вищу поживну цінність та краще засвоюється тваринами. Водночас ефективність цієї технології значною мірою залежить від якості роботи зернової плющилки.

Основними вимогами до такої машини є: забезпечення рівномірного плющення зерна з утворенням пластівців, можливість регулювання ступеня плющення для різних видів зернових культур, висока продуктивність та надійність у роботі, простота обслуговування та низькі експлуатаційні витрати.

На фермі використовується вальцева плющилка ПЗ-3,0, яка має продуктивність 6 т/год на вологому зерні. Однак для підвищення ефективності роботи необхідно провести її удосконалення. Це дозволить забезпечити більш якісне плющення зерна, підвищити продуктивність та знизити енерговитрати.

У наступних підрозділах буде проведено аналіз існуючих конструкцій плющилок, визначено їх основні недоліки та запропоновано шляхи їх усунення в процесі розробки удосконаленої конструкції плющилки ПЗ-3,0.

3.2 Огляд конструкцій плющилок зерна

Плющення зерна є одним із ключових процесів у кормовиробництві, що має широке застосування у світовій практиці. У США понад 60% фермерських господарств використовують зернові плющилки для підготовки кормів. Великий досвід їх використання накопичений також у таких країнах, як Англія, Канада, Італія, Румунія, Нова Зеландія та Німеччина. Плющилки набули широкого поширення завдяки своїй високій економічній ефективності. Основною перевагою плющилок є їхня здатність працювати з мінімальними витратами електроенергії порівняно з іншими методами обробки зерна. Висока довговічність робочих органів також сприяє їх широкому застосуванню.

Розвиток конструкцій зернових плющилок відбувався разом із розвитком сільськогосподарської техніки. Спочатку плющилки мали гідравлічний привід, який забезпечував роботу від тракторів через плоскі насоси. Згодом поширення

набули електричні двигуни та приводи від вала відбору потужності трактора, що дозволило підвищити мобільність і універсальність техніки. Основним робочим органом у більшості зернових плющилок є пара вальців, які обертаються у протилежних напрямках. Зерно надходить між ними із зернового бункера під дією сили тяжіння, а при контакті з вальцями відбувається його плющення.

Конструкція вальців є ключовою характеристикою плющилки. У традиційних моделях використовуються вальці з білого чавуну - матеріалу, який відзначається високою зносостійкістю та низькою вартістю. У деяких сучасних моделях використовуються сталеві вальці із поверхневою термообробкою. Вони легші за чавунні та мають більшу стійкість до зношування, проте їхня вартість у 2,5 рази вища. Гладкі вальці забезпечують рівномірне плющення зерна та підходять для роботи із сухою зерною масою. Рифлені вальці ефективні для обробки вологого зерна, оскільки краще захоплюють зернову масу та забезпечують рівномірне плющення. Деякі конструкції дозволяють регулювати зазор між вальцями, що забезпечує можливість налаштування ступеня плющення залежно від типу зерна та його вологості.

Зернові плющилки можуть працювати як із сухим, так і з вологим зерном. При вологості зерна понад 20% відбувається формування якісних пластівців, які мають високу кормову цінність. При вологості 14–15% зерно в основному розколюється, утворюючи дрібні часточки, що наближує процес до традиційного подрібнення. У більшості сучасних моделей зернових плющилок застосовується метод самопливного надходження зерна до робочих органів із завантажувального бункера. Це спрощує конструкцію машини та знижує її енерговитрати.

Досвід використання зернових плющилок у різних країнах демонструє їх високу ефективність. У США та Канаді зернові плющилки використовуються для заготівлі вологого зерна, яке зберігається у полімерних рукавах із застосуванням консервантів. Це забезпечує високу якість корму та мінімальні втрати поживних речовин. В Англії та Німеччині плющене зерно широко використовується у молочному скотарстві, де воно сприяє підвищенню продуктивності тварин. Вітчизняні моделі плющилок здебільшого використовують чавунні вальці з

гладкою або рифленою поверхнею. Вони характеризуються простотою конструкції та високою надійністю, проте поступаються зарубіжним аналогам за продуктивністю та універсальністю.

Таблиця 3.1 -Порівняльна таблиця вальцевих плющилок зерна

Модель	Продуктивність	Потужність	Тип приводу	Призначення	Примітки
ПЗ-3,0	6 т/год	2×1,5 кВт	Електричний	Середні ферми	Вітчизняна модель, проста в обслуговуванні
Murska 700 HD	10–15 т/год	37–45 кВт	Від ВВП	Великі господарства	Висока продуктивність, упаковка в рукави
Romill M2 Plus	60 т/год	160 к.с.	Від ВВП	Промислові масштаби	Система дозування консервантів
Геркулес-150	150 кг/год	2×0,75 кВт	Електричний	Малі господарства	Компактна, для сухого та вологого зерна
Геркулес-2500	2,5 т/год	2×2,2 кВт	Електричний	Середні господарства	Регульований зазор між вальцями
КоМо Flocino	80–130 г/хв	Ручний	Ручний	Домашнє використання	Підходить для виготовлення пластівців
ПЗ-6 (Доза-Агро)	6 т/год	2×5,5 кВт	Електричний	Великі господарства	Висока продуктивність, низьке енергоспоживання
Romill M900	5–6 т/год	18,5 кВт	Електричний	Промислові масштаби	Автоматичне управління
Murska 1000 HD	15–20 т/год	55–75 кВт	Від ВВП	Великі господарства	Висока продуктивність, упаковка в рукави
ПЗ-2 (Доза-Агро)	2 т/год	2×1,5 кВт	Електричний	Малі та середні господарства	Надійна конструкція, зручна в обслуговуванні

Таким чином, аналіз конструкцій плющилок показує, що їх ефективність залежить від ряду факторів: типу робочих органів (вальців), типу привода, матеріалу вальців та конструкції механізму подачі зерна. Для досягнення високої продуктивності та якості плющення необхідно забезпечити можливість регулювання зазору між вальцями та використовувати матеріали з високою зносостійкістю. Враховуючи це, у наступних підрозділах буде проведено аналіз конструкції плющилки ПЗ-3,0, що використовується на фермі, та розроблено її удосконалення.

Серед вітчизняних плющилок найпоширенішою є плющилка зерна ПЗ-3, яка призначена для волого-теплової обробки та готування пластівців з фуражного зерна, кукурудзи, ячменя, вівса.

Агрегат може використовуватися в лініях переробки зерна комбікормових агрегатів, кормоцеху або в лінії збагачення стеблових кормів (сінажу, силосу) і інших кормів перед годівлею. Ми пропонуємо використовувати його в процесі заготівлі плющеного зернофуражу. Агрегат ПЗ-3,0 призначений для експлуатації в закритому приміщенні при температурі від 0°C до 36 °C. Агрегат оснащений пропарювачем, що дає можливість для готування пластівців використовувати сухе зерно.

Дана конструкція плющилки має ряд недоліків, на усунення яких і спрямована наша робота.

3.3 Опис технологічного процесу плющилки

Процес роботи плющилки зерна складається з ряду послідовних технологічних операцій, які забезпечують якісне плющення зерна з мінімальними втратами поживних речовин. Удосконалена плющилка працює за наступною технологічною схемою:

1. Забір і транспортування матеріалу:

- Зерно надходить до плуцилки зі спеціальної ємності, обладнаної шнековим живильником (конвеєром), який забезпечує рівномірне подання матеріалу.
2. Очищення зерна від грубих домішок:
- У верхній частині навантажувального конвеєра розташована горловина з ґратами для відсіювання каменів та інших великих домішок.
 - Ґрати очищають за допомогою гребінця, закріпленого на лопатях шнека.
3. Очищення зерна від металевих домішок:
- Використовується магнітний сепаратор, встановлений у прийомній горловині конвеєра.
 - Постійні магніти на бічних кришках сепаратора притягують металеві домішки, які необхідно регулярно видаляти.

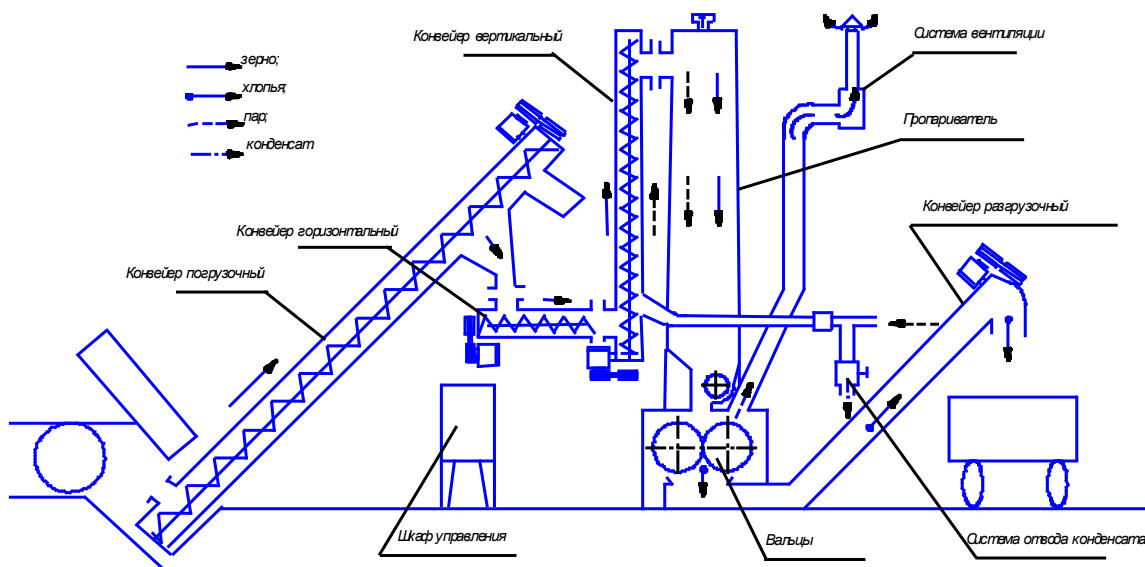


Рисунок 3.1 - Технологічна схема агрегату

4. Подача матеріалу в камеру обробки (пропарювач):
- Зерно надходить у шнековий пропарювач.

- Оскільки зерно має достатню вологість, пропарювання не проводиться.

Замість цього виконується обробка зерна консервантом.

5. Обробка зерна консервантом:

- Консервант подається через спеціальні сопла у пропарювачі.
- Консервант рівномірно розподіляється на поверхні зерна, забезпечу-

ючи його захист від псування.

6. Темперування:

- Це процес, при якому волога та консервант рівномірно розподіляються

по поверхні зерна.

- Темперування відбувається в колонці пропарювача.

7. Дозування зерна:

- Відбувається за допомогою дозатора, який складається з корпусу, ро-

тора, заслінки та мотор-редуктора.

- Продуктивність регулюється положенням заслінки.

8. Плющення зерна:

- Зерно подається на два гладких вальці, що обертаються у протилежних

напрямах.

- Один з вальців має можливість регулювання положення для зміни за-

зору між ними, що дозволяє встановлювати необхідну товщину пластівців.

- Корпуса підшипників другого вальця з'єднані з рамою через пружинні

амортизатори. Це забезпечує автоматичне відхилення вальця при попаданні твердих сторонніх предметів, що захищає механізм від пошкоджень.

9. Очищення вальців:

- Пластівці, що залишаються на поверхні вальців, видаляються за допо-

могою спеціальних чистиків.

10. Вихід матеріалу з вальців:

- Пластівці зерна надходять на перехідний лоток, який спрямовує їх до

розвантажувального конвеєра.

11. Відвантаження пластівців:

- Готові пластівці транспортуються за допомогою розвантажувального конвеєра до місця зберігання або упаковки.

Як удосконалення машини пропонується:

Модифікація конструкції вальців: використання високоміцних матеріалів із термічною обробкою. Це збільшить зносостійкість та термін служби вальців; застосування знімних накладок на вальці для їх швидкої заміни.

Вдосконалення системи обробки зерна: можливість автоматичного регулювання подачі консерванту залежно від вологості зерна, використання датчиків для контролю температури та вологості зерна в процесі обробки.

Оптимізація привода: використання електродвигунів із частотним перетворювачем для регулювання швидкості обертання вальців, забезпечення плавного пуску та зупинки плющилки, що знизить знос компонентів.

3.4 Конструктивні та технологічні розрахунки

У розрахунках використовують такі вихідні параметри: продуктивність обладнання (т/год), задана товщина готових пластівців (мм), а також характеристики оброблюваного матеріалу - його сорт і стан, зокрема вологість (%), абсолютна маса тисячі зерен (г) та коефіцієнт тертя зерна об поверхню вальців. При цьому застосовують емпіричні залежності, характерні для зернових плющилок із гладкими вальцями, що працюють з однаковою швидкістю обох валів, тобто відповідні саме тій конструкції, яку ми пропонуємо.

Вихідні дані для розрахунків:

$$Q = 6 \text{ т/год.};$$

$$t = 1 \text{ мм};$$

$$W = 23\%;$$

$$A = 40 \text{ г};$$

$$f = 0,2.$$

Розмір зерна: $l = 4 \text{ мм}; s = 3 \text{ мм}; a = 2 \text{ мм}.$

Ступінь плющення характеризують як співвідношення початкового розміру зернини у напрямку деформації до остаточної товщини сформованого пластівця:

$$E = \frac{1}{t} \cdot \sum_i b_i \cdot p_i, \quad (3.1)$$

де t_i - математичне очікування i -го розміру зерен, $t_i = 0,67$;

p_i - імовірність потрапляння зерна на вальці при цьому положенні;

b_i - геометричний розмір зерна.

$$E = \frac{1}{0,67} \cdot (3 \cdot 0,23 + 2 \cdot 0,77) = 3,33.$$

Для фуражної пшениці величину зазору між робочими поверхнями валків, що відповідає заданій вологості зерна та потрібному ступеню плющення, визначають за таким емпіричним рівнянням, одержаним методом екстремального експерименту:

$$\delta = 0,251 - 0,237 \cdot W + 0,862 \cdot E + 0,426 \cdot W^2 + 0,289 \cdot W \cdot E - 0,254 \cdot E^2, \quad (3.2)$$

$$\delta = 0,251 - 0,237 \cdot 0,23 + 0,862 \cdot 3,33 + 0,426 \cdot 0,23^2 + 0,289 \cdot 0,23 \cdot 3,33 - 0,254 \cdot 3,33^2 = 0,49 \text{ мм}$$

Найменший діаметр валків, необхідний для впевненого захоплення зерна у плющик, визначається вихідним зведеним розміром зерна (мм), коефіцієнтом тертя зерна об поверхню валків і установленим зазором між ними. З огляду на співвідношення діаметрів робочих валків і тип привода цей мінімальний діаметр розраховують за такою формулою:

$$D_{\min} = \frac{d \cdot \cos \varphi - \delta}{1 - \cos \varphi}, \quad (3.3)$$

де d - вихідний діаметр зерна, $d = 3,16$ мм;

φ - кут тертя зерна, $\varphi = \arctg f = \arctg 0,2 = 11,8^\circ$.

$$D_{\min} = \frac{3,16 \cdot \cos 11,8 - 0,49}{1 - \cos 11,8} = 134,33 \text{ мм.}$$

Оскільки проєктована плющилка призначена для обробки різних фуражних культур, зокрема кукурудзи, і з огляду на типові габарити валків та прийнятий коефіцієнт технологічної надійності, номінальний діаметр робочого валка обираємо 450 мм.

Коефіцієнт поперечної деформації зерна — це відношення площі, яку займають готові пластівці, до площі вихідних зернин, розкладених в один шар. За фіксованих вологості матеріалу та робочого зазору цей коефіцієнт обчислюють за відповідною емпіричною формулою.

$$\sigma = 4,279 + 0,179 \cdot W - 7,952 \cdot \delta - 0,004 \cdot W^2 - 0,0235 \cdot W \cdot \delta + 4,851 \cdot \delta^2, \quad (3.4)$$

$$\sigma = 4,279 + 0,179 \cdot 0,23 - 7,952 \cdot 0,49 - 0,004 \cdot 0,23^2 - 0,0235 \cdot 0,23 \cdot 0,49 + 4,851 \cdot 0,49^2 = 1,58$$

Площа, зайнята 1000 шт. зерна, орієнтовно рівна:

$$\omega = 0,0179 \div 0,196 \text{ м}^2.$$

Приймаємо $\omega = 0,0186 \text{ м}^2$.

Питоме завантаження валка зерном - кількість матеріалу, що припадає на 1 м^2 його плющильної поверхні ($\text{кг}/\text{м}^2$) - обчислюють виходячи з абсолютної маси

та площі 1000 зернин, а також з урахуванням коефіцієнта поперечної деформації під час плющення. Величину цієї маси визначають за такою емпіричною формулою:

$$G = \frac{A \cdot C \cdot 10^{-3}}{\omega \cdot \sigma}, \quad (3.5)$$

де C - коефіцієнт рівномірності заповнення зерном.

Для даного живильника $C = 0,5 - 0,6$, тоді

$$G = \frac{40 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}}{0,0186 \cdot 1,58} = 0,82 \text{ кг/м}^2.$$

Мінімальну довжину валків задають, орієнтуючись на верхню межу раціонального діапазону їхньої окружної швидкості: для валків діаметром до 350 мм вона приймається 8,5 м/с, а для валків діаметром до 500 мм – 11 м/с. Розрахунок довжини виконують за такою формулою:

$$L_{\min} = \frac{3,6 \cdot Q}{G \cdot V_{\max}} = \frac{3,6 \cdot 3}{0,82 \cdot 11} = 1,197 \text{ м.} \quad (3.6)$$

Приймаємо $L = 1,2 \text{ м.}$

Робоча швидкість вальців визначається по наступній формулі:

$$V = \frac{3,6 \cdot Q}{L \cdot G} = \frac{3,6 \cdot 3}{1,2 \cdot 0,82} = 11,0 \text{ м/с.} \quad (3.7)$$

Частота обертання вальців визначається по формулі:

$$n = \frac{3,6 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot L \cdot G} = \frac{3,6 \cdot 3}{3,14 \cdot 0,45 \cdot 1,2 \cdot 0,82} = 7,8 \text{ об/с.} \quad (3.8)$$

Загальна енерговитрата на операцію плющення визначається вологою зерна, встановленим міжвалковим зазором і окружною швидкістю валків. Для кукурудзи цей показник обчислюють за такою формулою:

$$E = 10,636 - 0,252 \cdot W + 0,553 \cdot V - 12,676 \cdot \delta + 0,002 \cdot W^2 - 0,002 \cdot W \cdot V + 0,165 \cdot W \cdot \delta - 0,004 \cdot V^2 - 0,442 \cdot V \cdot \delta + 4,75 \cdot \delta^2, \quad (3.9)$$

$$E = 10,636 - 0,252 \cdot 0,23 + 0,553 \cdot 11,0 - 12,676 \cdot 0,49 + 0,002 \cdot 0,23^2 - 0,002 \cdot 0,23 \cdot 11,0 + 0,165 \cdot 0,23 \cdot 0,49 - 0,004 \cdot 11,0^2 - 0,442 \cdot 11,0 \cdot 0,49 + 4,75 \cdot 0,49^2 = 7,85 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}.$$

Визначаємо потужність двигуна по формулі:

$$N = E \cdot Q + N_{x.д.}, \quad (3.10)$$

де $N_{x.д.}$ - потужність холостого ходу, $N_{x.д.} = 3,15 \dots 3,9 \text{ кВт}$.

$$N = 7,85 \cdot 3 + 3,7 = 27,25 \text{ кВт}.$$

Розрахуємо потужність, потрібну для переміщення зерна та відвантаження готових пластівців. Потужність завантажувального конвеєра визначають за такою формулою:

$$N_z = N_{p1} \cdot L_1, \quad (3.11)$$

де N_{p1} - потужність на 1 м довжини гвинта, при частоті обертання 190 об/с і куті нахилу шнека $\beta = 45^\circ$;

З таблиці стандартів:

$$N_{p1} = 0,065 \text{ кВт/м};$$

$$N_3 = 0,065 \cdot 7 = 0,455 \text{ кВт.}$$

Потужність горизонтального конвеєра визначаємо по формулі:

$$N_2 = N_{p2} \cdot L_2, \quad (3.12)$$

$$N_{p2} = 0,025 \text{ кВт/м};$$

$$N_2 = 0,025 \cdot 1,5 = 0,037 \text{ кВт.}$$

Потужність вертикального конвеєра визначається по формулі:

$$N_6 = N_{p3} \cdot L_3, \quad (3.13)$$

де N_{p3} - потужність на 1 м довжини гвинта, при частоті обертання 150 об/хв. і куті нахилу шнека $\beta = 90^\circ$;

$$N_{p3} = 0,163 \text{ кВт/м};$$

$$N_6 = 0,163 \cdot 5 = 0,815 \text{ кВт.}$$

Потужність розвантажувального скребкового конвеєра визначається по формулі:

$$N_p = K_m \cdot N_k, \quad (3.14)$$

де K_m - коефіцієнт, що залежить від кута нахилу конвеєра, при $\beta = 45$,
 $K_m = 1,35$;

N_k - потужність для привода горизонтального конвеєра, кВт.

$$N_k = N_{p4} \cdot L_4, \quad (3.15)$$

де N_{p4} - потужність на 1 м скребкового конвеєра, $N_{p4} = 0,041$ кВт/м;

L_4 - довжина транспортування, $= 3,5$ м.

$$N_k = 0,041 \cdot 3,5 = 0,144 \text{ кВт},$$

$$N_p = 1,35 \cdot 0,144 = 0,194 \text{ кВт}.$$

Розподіл зусилля в робочій зоні плющилки можна визначити по формулі:

$$P = \frac{2}{3} \cdot P \cdot M \cdot L \cdot \frac{D}{2} \cdot \alpha_{\max}, \quad (3.16)$$

де P - середнє значення нормальної сили при плющенні одного зерна,
 $P = 2,18$ кН;

$\alpha_{\max}$ - максимальний кут защемлення зерен, $\alpha_{\max} = 4$;

M - кількість зерен, що доводяться на 1 м^2 плющильній поверхні вальців.

$$M = \frac{k}{\omega \cdot \sigma} \cdot 10^3, \text{ (шт/м}^2\text{)} \quad (3.17)$$

де k - відношення діаметрів вальців, $k = 1$.

$$M = \frac{1}{0,0186 \cdot 1,58} \cdot 10^3 = 34027 \text{ шт/м}^2.$$

$$P = \frac{2}{3} \cdot 2,18 \cdot 34027 \cdot 1,2 \cdot \frac{0,45}{2} \cdot 0,19 = 2480,5 \text{ кН.}$$

Під час розрахунку бандажа виходять із того, що найбільше навантаження виникає, коли між валками проходить твердий, не-подрібнюваний предмет. Для запасу міцності припускають, що це навантаження діє як зосереджена сила, прикладена у середній точці вала. Бандажі виготовляють із зносостійкої сталі 110Г13Л.

Точний аналітичний розрахунок бандажа складний і практично не виправданий, тому застосовують спрощену методику. Вважають, що довжина бандажа завжди менша за його діаметр (співвідношення $L/D=0,4 \div 1,0$), а напруження від крутильного моменту в стінці бандажа настільки незначні, що їх можна не враховувати. Отже, головним фактором, який визначає його міцність, є згинальне напруження у напрямку, позначеному на рис. 3.4.

$$\sigma_b = \frac{M_{\max}}{W_y} \leq [\sigma_b], \quad (3.18)$$

$[\sigma_b]$ - допустиме напруження на згин, МПа. Для сталі 110Г13Л $[\sigma_b]=90$ МПа.

$$W_y = 0,1 \frac{D_1^4 - D_2^4}{D_1}, \quad (3.19)$$

де W_y - екваторіальний момент опору поперечного перерізу бандажа, м;

D_1 - зовнішній діаметр бандажа, м;

D_2 - внутрішній діаметр бандажа, м, задавшись яким визначають мінімально припустиму товщину стінки бандажа, м.

$$W_3 = 0,1 \frac{0,42^4 - 0,34^4}{0,42} = 0,0442 \text{ м}^4,$$

$$M_{\max} = P \frac{L}{2} = 2480500 \cdot \frac{1,2}{2} = 1488300 \text{ Нм}, \quad (3.20)$$

$$\sigma_3 = \frac{1488300}{0,0442} = 33825000 \text{ Па} = 33,8 \text{ МПа} \leq [\sigma_3],$$

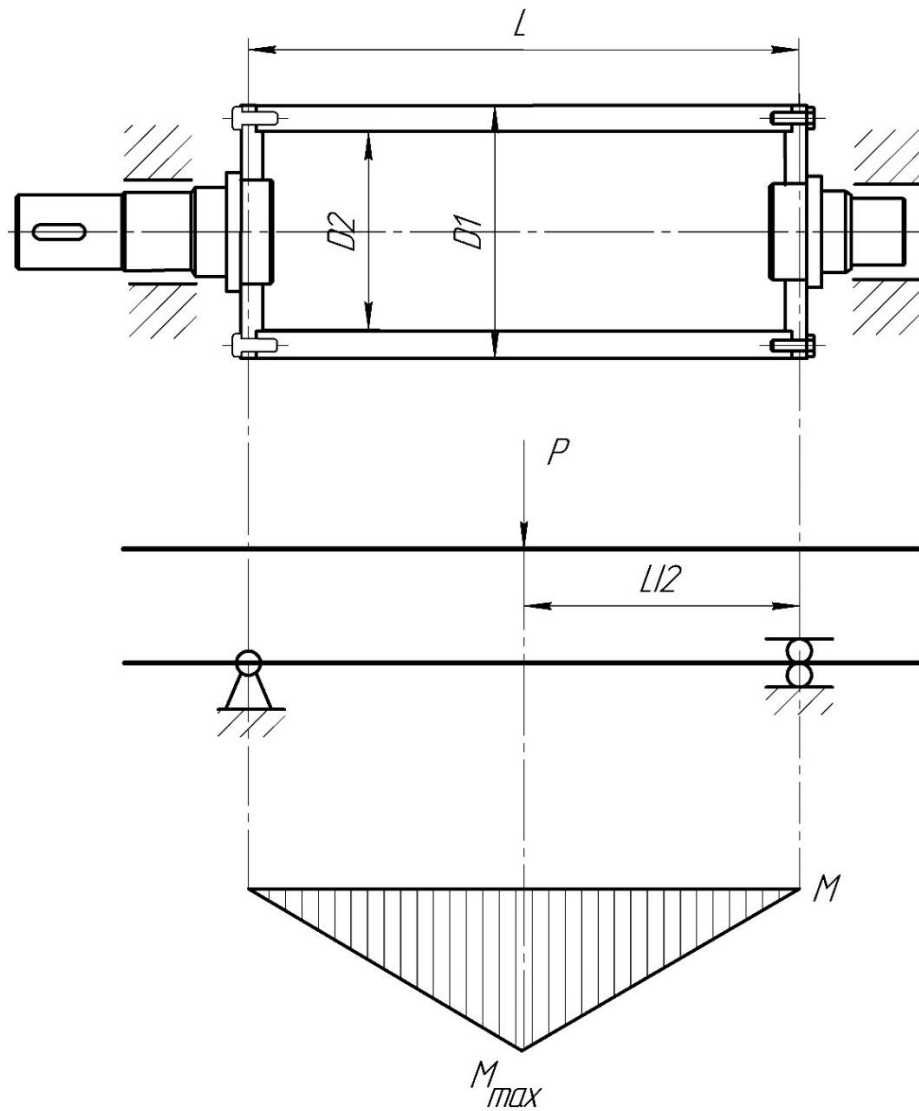


Рисунок 3.4 - Ескіз валка в зборі (а) і схема до розрахунків стінки бандажа на дію вигину (б)

Розрахована в такий спосіб товщина стінки бандажа має завищене значення. Тому необхідність у подальших розрахунках відпадає.

3.5 Висновки

У даному розділі було проведено удосконалення конструкції плющилки ПЗ-3,0 з метою підвищення її ефективності та спрощення використання при заготівлі вологого зернофуражу. Основною зміною стало вдосконалення конструкції плющильних вальців, що дозволило знизити метало- та енергоємність машини. Це покращує її продуктивність та підвищує якість обробки зерна, що позитивно впливає на якість кормів. Запропоновані технічні рішення забезпечують надійність роботи плющилки, скорочують витрати на обслуговування та підвищують її довговічність.

4 Охорона праці

4.1 Загальні вимоги

Загальні вимоги охорони праці при заготівлі вологого зернофуражу базуються на забезпеченні безпеки працівників, збереженні їхнього здоров'я та захисті навколишнього середовища. Відповідно до законодавства України, ці вимоги регламентуються Законом України «Про охорону праці», Законом України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», а також Правилами безпеки у сільськогосподарському виробництві, затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України. На рівні Європейського Союзу ці питання врегульовані Директивою Ради 89/391/ЄЕС про заходи щодо покращення безпеки та охорони здоров'я працівників на робочому місці, Директивою 2006/42/ЄС про машини та обладнання та Директивою 98/37/ЄС щодо безпеки машин.

Працівники, зайняті у процесах заготівлі вологого зернофуражу, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (спецодягом, рукавичками, захисними окулярами, респіраторами), пройти інструктаж з охорони праці та бути ознайомлені з потенційними небезпеками, які можуть виникнути під час роботи з плющилками та пакувальним обладнанням.

Обладнання, що використовується, повинно мати надійну систему блокування та захисту рухомих частин, електрообладнання повинно бути заземлене та відповідати класу захисту IP54. Робоча зона повинна мати належну вентиляцію для запобігання накопиченню пилу та парів консерванту, що застосовується для обробки зерна.

Зерно, що надходить на плющення, повинно бути очищене від сторонніх домішок (каменів, металу), що забезпечується застосуванням магнітних та гравітаційних сепараторів. Очищення та технічне обслуговування обладнання повинно проводитися лише після його повної зупинки та знеструмлення.

У разі виявлення несправностей обладнання роботу необхідно негайно зупинити та повідомити відповідальних осіб. Для попередження нещасних випадків персонал повинен бути забезпечений інструкціями з безпечного виконання робіт, а також мати можливість оперативного зв'язку з керівництвом у разі виникнення надзвичайної ситуації.

4.2 Інструкція з охорони праці для оператора удосконаленої плющилки зерна

1. Загальні положення

1.1. Ця інструкція визначає вимоги з охорони праці для оператора удосконаленої вальцевої плющилки зерна (далі – плющилка).

1.2. Інструкція розроблена відповідно до Закону України «Про охорону праці», Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», а також Директиви Ради 89/391/ЄЕС про заходи щодо покращення безпеки та охорони здоров'я працівників на робочому місці.

1.3. До роботи з плющилкою допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, інструктаж з охорони праці та мають відповідну кваліфікацію.

1.4. Оператор зобов'язаний знати конструкцію, принцип роботи та правила технічного обслуговування плющилки.

1.5. Оператор повинен працювати у засобах індивідуального захисту: спецодязі, захисних окулярах, рукавичках, респіраторі.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Перед початком роботи оператор повинен провести зовнішній огляд плющилки, перевірити цілісність електропроводки, наявність заземлення та справність захисних кожухів.

2.2. Перевірити справність магнітного сепаратора та переконатися у відсутності сторонніх предметів у робочій зоні плющилки.

2.3. Переконалися у наявності та справності засобів пожежогасіння (вогнегасника) поблизу робочої зони.

2.4. Перевірити надійність кріплення вальців та їх правильне налаштування. Відрегулювати зазор між вальцями відповідно до вимог технологічного процесу.

2.5. Перевірити роботу системи подачі консерванту та стан шлангів, через які подається рідина.

2.6. Включати плющилку дозволяється лише після завершення всіх підготовчих операцій.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. Забороняється працювати на плющилці при відкритих захисних кожухах.

3.2. Під час роботи оператор повинен контролювати рівномірність подачі зерна на плющення та своєчасність видалення сторонніх домішок із сепаратора.

3.3. Забороняється регулювати або очищати вальці під час роботи плющилки.

3.4. При виникненні сторонніх шумів, вібрацій або збоїв у роботі обладнання плющилку необхідно негайно зупинити, знеструмити та повідомити керівника.

3.5. Забороняється перевищувати допустиму продуктивність плющилки, визначену технічними характеристиками.

3.6. Оператор повинен контролювати кількість та рівномірність подачі консерванту до зерна.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Після закінчення роботи плющилку необхідно вимкнути та знеструмити.

4.2. Провести очистку робочої зони та всіх вузлів плющилки від залишків зерна та сторонніх домішок.

4.3. Перевірити стан вальців, чистиків та магнітного сепаратора. У разі потреби провести їх очищення та технічне обслуговування.

4.4. Засоби індивідуального захисту (спецодяг, рукавички, респіратор) слід очистити та скласти у визначене місце.

4.5. Повідомити керівника про завершення роботи та виявлені несправності або недоліки у роботі плющилки.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. У разі загоряння електрообладнання плющилки негайно знеструмити її та використати вогнегасник типу ВП-5 або інший засіб пожежогасіння.

5.2. При ураженні електричним струмом необхідно негайно відключити плющилку від мережі та надати потерпілому першу медичну допомогу, викликати швидку допомогу.

5.3. У разі виявлення сторонніх предметів у зоні плющення зупинити плющилку, знеструмити та видалити сторонні предмети лише після повної зупинки валів.

5.4. Про будь-яку аварійну ситуацію або нещасний випадок негайно повідомити керівництву та забезпечити захист інших працівників від можливих небезпек.

6. Заключні положення

6.1. Ця інструкція має бути вивішена на робочому місці оператора плющилки.

6.2. Інструкція підлягає перегляду не рідше одного разу на три роки або при зміні конструкції плющилки.

6.3. Ознайомлення оператора з інструкцією підтверджується його підписом у журналі інструктажу з охорони праці.

4.3 Висновки

У даному розділі визначено основні вимоги безпеки праці під час заготівлі вологого зернофуражу, з урахуванням українського та європейського законодавства. Розроблена інструкція з охорони праці для оператора удосконаленої ва-

льцевої плющилки зерна, яка включає вимоги до безпечної експлуатації обладнання та використання засобів індивідуального захисту. Дотримання зазначених вимог дозволить забезпечити належні умови праці, зменшити ризик травмування працівників та підвищити ефективність виконання робіт.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

5.1 Вихідні дані

Порівнянню підлягають дві технології заготівлі фуражного зерна:

Базова – зберігання сухого кукурудзяного зерна (вологість 15 %) у спеціальних зерносховищах. Для доведення зерна до нормативної вологості використовують зерноочисно-сушильний комплекс ЗАВ-15 (потужність 81 кВт; витрати палива на сушіння – 21–25 кг/т; продуктивність 25 т/год), після чого зерно зберігають насипом на підлозі. Перед згодовуванням його подрібнюють дробаркою ДКУ-2 (потужність 22 кВт; продуктивність 2,0 т/год).

Удосконалена – зберігання кукурудзи у плющеному вологому вигляді (вологість зерна 35–40 %). Зерно плющиться вальцевою плушилкою ПЗ-3,0 (потужність 38,65 кВт; продуктивність 6 т/год) і відразу пакується у поліетиленові рукави пакувальником УСМ-1 (потужність 95,68 кВт; продуктивність 30 т/год). Додаткової обробки перед згодовуванням не потребує.

Усі показники, необхідні для подальших економічних розрахунків, зведено у таблицю 5.1 та 5.2

Таблиця 5.1 – Порівняння технологій

Показник	Базова технологія (сухе зерно)	Удосконалена технологія (плющене зерно)	Примітки
Вологість зерна, %	15	35-40	Залежить від стадії воскової стиглості
Сховище	Спеціальні сховища	Поліетиленові мішки (рукави)	Закладення в герметичних умовах
Комплекс для досушування	ЗАВ-15, потужність 81 кВт	Не використовується	Відсутні витрати на сушіння

Витрати палива на сушіння	21-25 кг/т	Не застосовується	Відсутні витрати на паливо
Продуктивність сушарки	25 т/год.	–	–
Дробарка для подрібнення	ДКУ-2, потужність 22 кВт	Не потрібна	Не потребує додаткової обробки
Продуктивність дробарки	2 т/год.	–	–
Плющилка	–	ПЗ-3,0, потужність 38,65 кВт	Продуктивність 6 т/год.
Пакувальник	–	УСМ-1, потужність 95,68 кВт	Продуктивність 30 т/год.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані до розрахунку економічних показників

Вихідні дані	Варіанти	
	базовий	проектний
1	2	3
1. Об'єм заготівлі, т	779,4	779,4
2. Вартість обладнання, грн.	348900	756500
3. Продуктивність, т/год.		
- заготівлі	25	6
- підготовки до згодовування	2	-
4. Привід/Потужність, кВт		
- заготівлі	Е/93	Е/38,65 ДВЗ/95,68
- підготовки до згодовування	Е/21	-
5. Витрати пального на сушіння, кг/т	21	-
6. Обслуговуючий персонал, люд		
- заготівлі	1	2

продовження табл. 5.2

1	2	3
-		
- підготовки до згодовування	1	-
7. Час роботи, год.		
- заготівлі	31,16	129,83
- підготовки до згодовування	389,5	-
8. Добовий надій, кг	22,5	24,6
9. Річний вихід молока, т	2700	2957

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Для порівняння базового та удосконаленого варіанту технологічного процесу заготівлі зернофуражу, ми зосередимося на питомих експлуатаційних витратах. Це дозволить оцінити ефективність і економічну доцільність модернізації. Витрати на експлуатацію включають такі категорії, як заробітна плата, енергоресурси, амортизаційні відрахування та витрати на ремонт і технічне обслуговування.

Таблиця 5.2 - Показники економічної ефективності
процесу заготівлі зернофуражу

Показник	Варіанти	
	базовий	проектний
1	2	3
1. Річний вихід молока, т	2700	2957
2. Річний об'єм заготівлі зернофуражу, т	779,4	779,4
3. Обслуговуючий персонал, люд	2	2
4. Потужність комплексу обладнання, кВт	114	134,33

продовження табл. 5.2

1	2	3
5. Витрати палива на досушування, кг/т	21	-
Питомі експлуатаційні витрати, грн./т	155,46	66,51
в т. ч.: заробітна платня	2,73	1,53
амортизаційні відрахування	14,21	28,14
ТО та ремонт	15,51	30,70
енергоресурси (електроенергія, ДП)	123,01	6,14
6. Вартість обладнання, грн.	348900	756500
7. Додаткові капітальні вкладення, грн.	-	407600
8. Річна економія експлуатаційних витрат, грн.	-	240165,00
9. Строк окупності капітальних вкладень, роки	-	1,7

5.3 Висновки

Наведений розрахунок (табл. 5.2) показує, що впровадження удосконаленої технології заготівлі вологого зернофуражу з плющилкою ПЗ-3,0 та пакувальником УСМ-1 забезпечує відчутну економію експлуатаційних витрат порівняно з базовим варіантом сушіння й дроблення сухого зерна. Найбільший внесок у скорочення собівартості дає повне усунення витрат на досушування (електроенергія та дизпаливо для ЗАВ-15). Сумарний річний економічний ефект становить ≈ 240 тис. грн, що дає змогу окупити додаткові капітальні вкладення менш ніж за 1,7 року. Отже, запропонована технологія є економічно доцільною та підвищує конкурентоспроможність господарства.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Аналіз вихідного стану кормової бази ТОВ «АФ «Перше Травня» засвідчив, що ключові втрати ефективності виникали на етапі досушування та дроблення зерна. Метою роботи стало удосконалення технологічного процесу заготівлі фуражного зерна через перехід на вологе плющення й розробку високопродуктивної вальцевої плющилки.

2. Порівняння базової схеми (сушіння + дроблення) та модернізованої (вологе плющення + пакування в полімерні рукави) показало, що остання скорочує питомі енерговитрати більш як утричі, ліквідує витрати палива на сушарку й знижує запиленість виробничих приміщень.

3. Запропоновано нову конструкцію плющильних вальців із високоміцної сталі з поверхневим загартуванням, що підвищує твердість на 25 % і зменшує масу пари вальців на 18 %. Розроблено конструкційно-технологічну схему плющилки з інтегрованими системами очищення зерна, дозованого внесення консерванту та автоматичним захистом від сторонніх предметів. Передбачено пакувальний агрегат УСМ-1 для герметичного закладання плющеного зерна у поліетиленові рукави.

4. Розроблено інструкцію з охорони праці для оператора плющилки; передбачено систему магнітного сепарування, пилопригнічення та автоматичне блокування при аваріях. Виключення сушильного етапу зменшує викиди CO₂ на 55 т/рік.

5. Техніко-економічні результати. Розрахунки показали, що річна економія експлуатаційних витрат становить ≈ 240 тис. грн, а строк окупності додаткових інвестицій - 1,7 року. Питомі витрати електроенергії знижуються з 14,2 кВт·год до 9,6 кВт·год на 1 т корму, витрати дизпалива на сушіння - з 23 кг/т до нуля.

Впровадження удосконаленої технології забезпечує стабільну високу поживність зернофуражу, підвищує надої й прирости худоби, скорочує виробничі витрати та покращує умови праці. Розроблена плющилка може бути рекомендована до серійного виготовлення й використання на фермах аналогічного масштабу.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ВНТП-АПК-01.05. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)// Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України) // Київ – 2005.
2. Машини для заготівлі та приготування кормів// За редакцією В.І. Кравчука, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, -136 с.
3. Машини для тваринництва та птахівництва // За редакцією В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, -207 с.
4. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] /І.О. Романюха, В.Ю. Дудін; за ред. І. Романюхи. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. – 418 с.
5. Масло І. Молочному тваринництву – надійну техніку і енергозберігаючі технології / І. Масло, А. Фененко // Техніка АПК. – 2000. – № 4. – С. 2–5.
6. Кудревич О. Шлях до високих надоїв / О. Кудревич, М Геймор // Пропозиція. – 2023. – № 3. – С. 84–85.
7. Шкурко Т. Шляхи підвищення ефективності виробництва молока / Т. Шкурко // Тваринництво України – 2023. – № 8. – С. 5–7. 5
8. Адмін Є. Перехід на енергозберігаючі технології виробництва молока та реконструкція молочних ферм / Є. Адмін, О. Борщ // Тваринництво України. – 2002. – № 11. – С. 5–7.
9. В. Кравчук, М. Луценко, М. Мечта. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів. - К: Фенікс, 2008 – 104 с.
10. Ібатуллін І., Єрмакова Л. Якісний сінаж - початок ваших прибутків/ І. Ібатуллін, Л. Єрмакова// Пропозиція, № 6, 2022, с. 36-47.
11. Ібатуллін І., Єрмакова Л. Вчимося правильно готувати силос/ Пропозиція, № 8, 2001, с. 43-51.
12. Сайт фірми Bernard Krone Holding GmbH. Катлог продукції [Електронний ресурс]/ Режим доступу: <http://landmaschinen.krone.de /русский/katalog->

produkcii/krupnopakujushchie-press-podborshchiki/big-pack/, вільний. - Загл. з екрана. – мова укр., англ.

13. Сайт фірми RomiLL. Каталог продукції [Електронний ресурс]/ Режим доступу: <http://www.romill.cz>, вільний. - Загл. з екрана. – мова укр., англ.

14. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.

15. Дудін В.Ю. Експериментальні дослідження малогабаритного подрібнювача соковитих кормів/ В.Ю. Дудін, О.С. Гаврильченко, П.С. Височин // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Science and civilization – 2018, Volume 12, January 30 - February 7, 2018.: Sheffield. Science and education LTD – 41-45 p

16. Дудін В.Ю. Формування якості годівлі повнораціонними комбікормами / В.Ю. Дудін, О.С. Гаврильченко, Ю.І. Мудрак, П.І. Черниш // Materiály XIV Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy - 2018», Volume 8 : Praha. Publishing House «Education and Science» - S. 48-53.

17. Дудін В.Ю. Дослідження енергетичних характеристик процесу змішування сипких кормів/ В.Ю. Дудін, Я.О. Муха, О.Ю. Лук'яненко // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Conduct of modern science - 2018, November 30 - December 7, 2018. Construction and architecture. Agriculture. Modern information technology.: Sheffield. Science and education LTD – 41-45 p.

18. Дудін В.Ю. Дослідження процесу різання коренеплодів / В.Ю. Дудін, І.А. Бородавка // Materiały XV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Strategiczne pytania światowej nauki - 2019», Volume 10 Przemysł: Nauka i studia – 36-39 s.

19. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва/ І.Г.Бойко, В.І.Гридасов, А.І.Дзюба та ін.; За ред. О.П.Скорика, О.І.Фісяченка. – Харків, 2004. – 272 с.

20. Нова сільськогосподарська техніка/ В.А. Ясенецький, В.С. Куліш, М.П. Мечта та ін.; За ред. В.А. Ясенецького. – К.: Урожай, 1991. – 320 с.

21. Сайт фірми ТОВ „АГ-БАГ-Україна” [Електронний ресурс]/ Каталог продукції Режим доступу: <http://ag-bag.net.ua>, вільний. - Загл. з екрана. – мова укр., англ.

22. Сайт фірми RomiLL [Електронний ресурс]/ Каталог продукції Режим доступу: <http://www.romill.cz>, вільний. - Загл. з екрана. – мова укр., англ.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

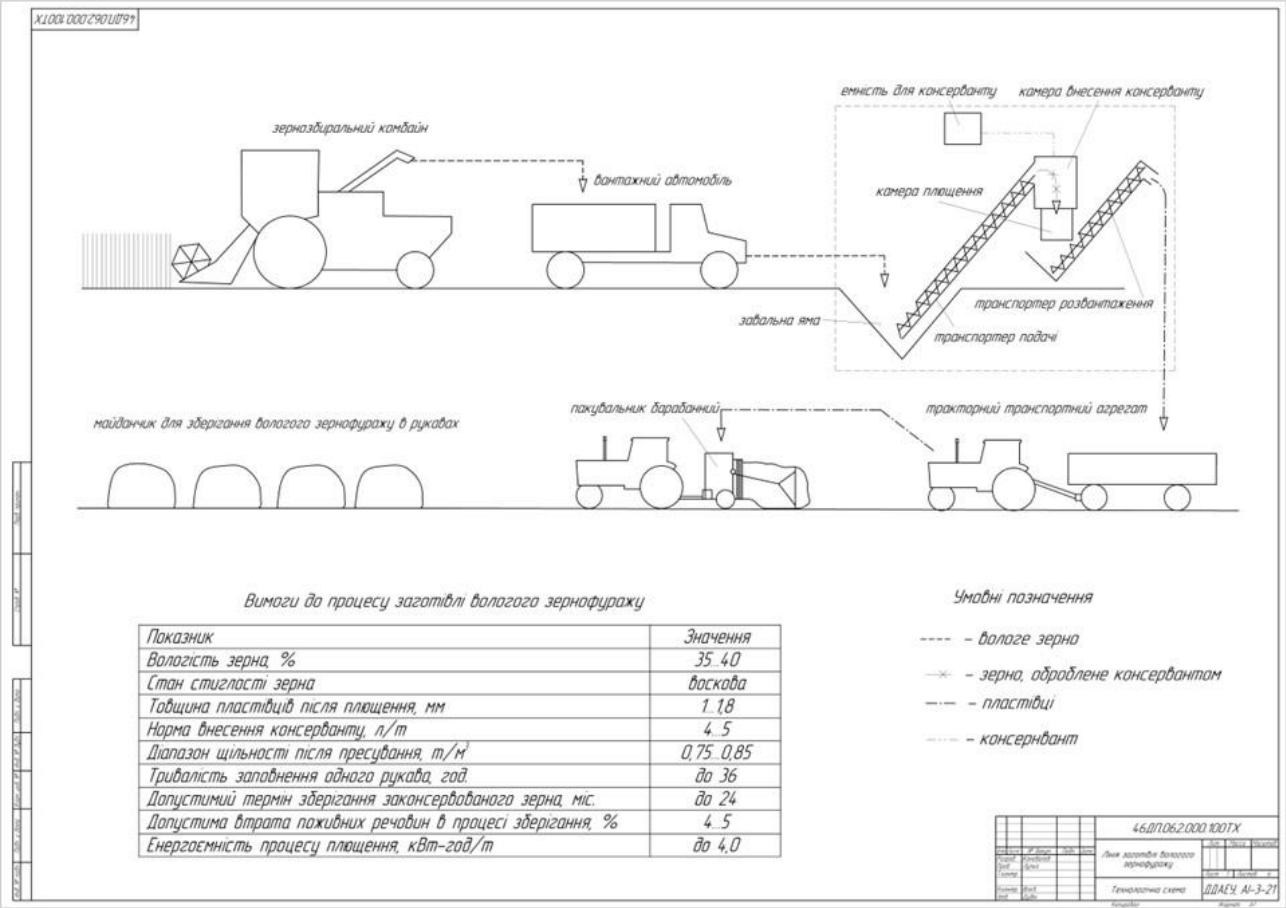
**Удосконалення технологічного процесу
заготівлі вологого зернофуражу з розробкою
вальцевої плющилки**

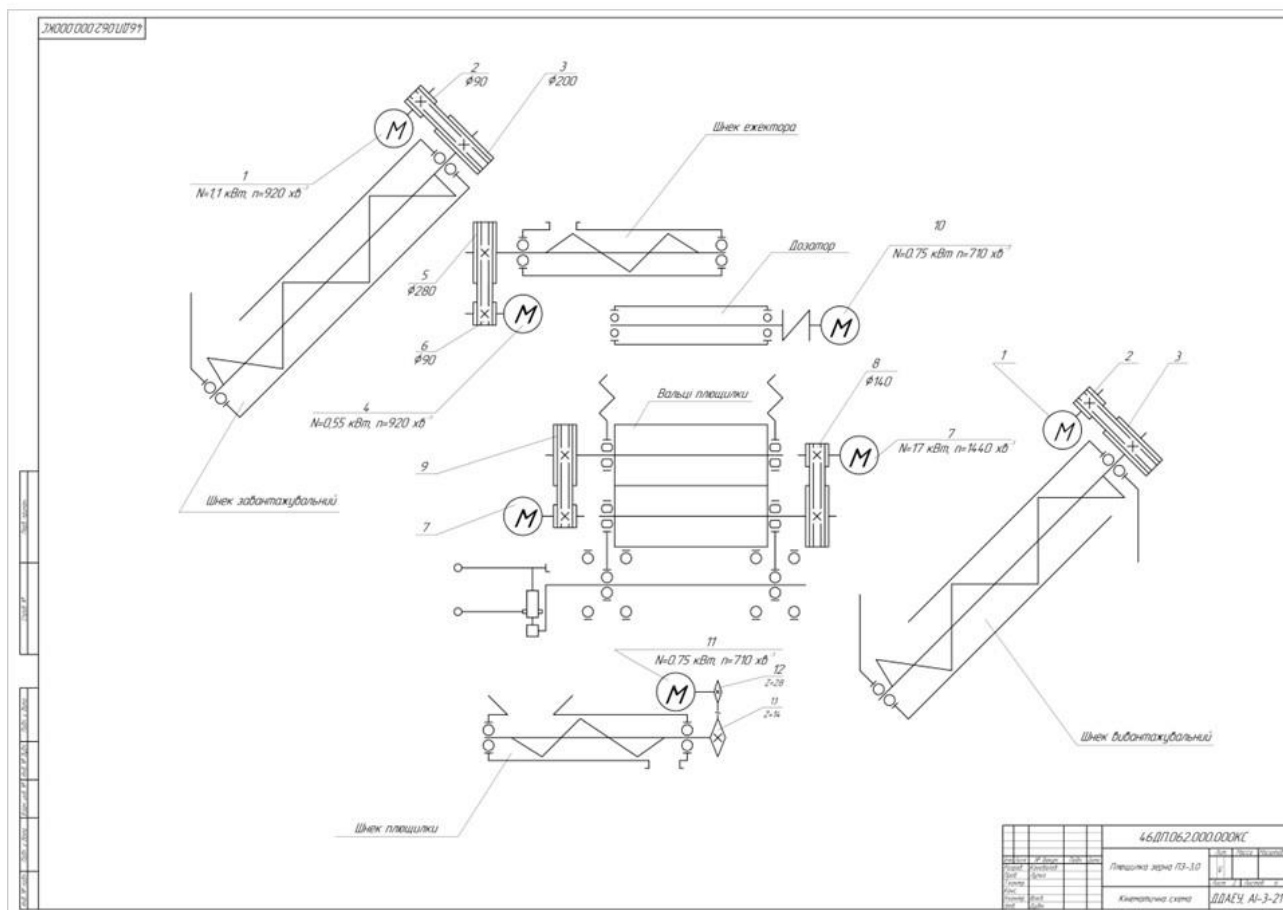
демонстраційний матеріал до дипломного проекту рівня вищої освіти «Бакалавр»

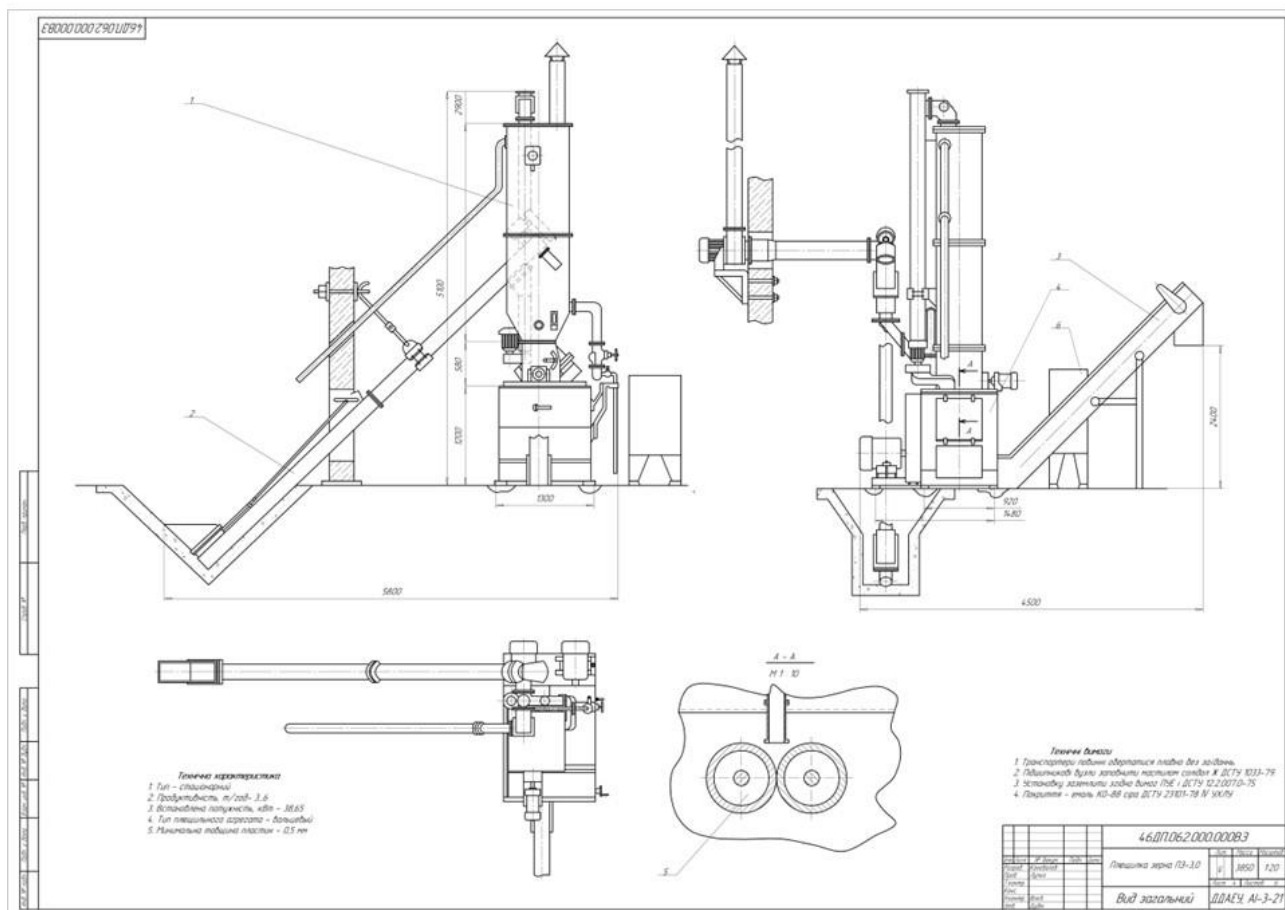
Виконав: студент 4 курсу, групи AI-3-21
Коновалов Максим Миколайович

Керівник: ст. викладачка, доктор філософії
Лупко Кристина Олегівна

Дніпро-2025







[illegible]

[illegible]