ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

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

Модернізація технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби з удосконаленням навантажувача силосу

Виконав: здобувач вищої освіти 3 курсу, групи АІС-3-23
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Шершун Юрій Миколайович

Керівник: _____ Трипутень Микола Мусійович

Рецензент: _____ _____

Дніпро 2026

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)
«05» травня 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шершун Юрій Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Модернізація технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби з удосконаленням навантажувача силосу

керівник проєкту Трипутень Микола Мусійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання здобувачем проєкту 07.06.2026 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Розробка технологічного процесу приготування кормів. 3. Удосконалення завантажувача силосу. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка. Висновки та пропозиції. Бібліографія

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема (А1). 2. Завантажувач силосу (А1). 3. Гідравлічна схема (А1). 4. Блок-різак (А1). 5. Палець стопорний (А4). 6. Ніж фронтальний (А4). 7. Палець (А4). 8. Ніж боковий (А4). 9. Стояк зовнішній (А4). 10. Стояк внутрішній (А4). 11. Кронштейн (А4). 12. Рама нижня (А4). 13. Охорона праці (А1). 14. Економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2026 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2026 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2026 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2026 р.	
5	Економічний	до 22.05.2026р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2026 р.	

Здобувач _____ Шершун Ю.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту _____ Трипутень М.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			Текстові документи			
1	А4	46ДП059.000.00	Пояснювальна	75		
			Графічні матеріали			
2	А1	46ДП.156.000.100Т	Технологічна схема	1	1	
3	А1	46ДП.156.000.200ВЗ	Завантажувач силосу	1	2	
4	А1	46ДП.156.000.100Г	Гідравлічна схема	1	3	
5	А1	46ДП.156.000.100С	Блок-різак	1	4	
6	А4	46ДП.156.000.106	Палець стопорний	1	5	
7	А4	46ДП.156.000.102	Ніж фронтальний	1	5	
8	А4	46ДП.156.000.107	Палець	1	5	
9	А4	46ДП.156.000.104	Ніж боковий	1	5	
1	А4	46ДП.156.000.108	Стояк зовнішній	1	5	
1	А4	46ДП.156.000.109	Стояк внутрішній	1	5	
1	А4	46ДП.156.000.101	Кронштейн	1	5	
1	А4	46ДП.156.000.103	Рама нижня	1	5	
1	А1	46ДП.156.000.000О	Охорона праці	1	6	
1	А1	46ДП.156.000.000Е	Економічні показники	1	7	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	46ДП.156.000.000ПД		
Розробив		Шершун			Відомість дипломного проекту	літера	аркуш	арку
Перевірив		Трипутен				у	4	75
Т. контр						ДДАЕУ, АІС-3-23		
Н. контр.		Івлєв						
Затверд.		Дудін						

АНОТАЦІЯ

Шершун Ю.М. Модернізація технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби з удосконаленням навантажувача силосу / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Дипломний проєкт присвячено модернізації технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби з удосконаленням завантажувача силосу. У роботі проаналізовано сучасні технології приготування кормів, технічне забезпечення ліній годівлі ВРХ та конструкції мобільних засобів для виймання і завантаження силосної маси.

Обґрунтовано технологічну схему приготування повнораціонної кормосуміші TMR для ферми на 600 корів зі шлейфом. Визначено добову потребу у кормосуміші, потрібну продуктивність технологічної лінії та кількість основних засобів механізації. Запропоновано удосконалення завантажувача силосу шляхом застосування блок-різака з гідравлічним приводом, що забезпечує рівномірне відокремлення силосної маси від моноліту, зменшення втрат корму та стабілізацію подачі матеріалу до змішувальної машини.

Виконано розрахунки продуктивності, параметрів гідравлічної системи та окремих елементів конструкції. Розглянуто питання охорони праці під час приготування кормів і роботи з удосконаленим завантажувачем силосу. Проведено техніко-економічну оцінку запропонованого рішення, яка підтвердила доцільність його впровадження у виробничих умовах.

Ключові слова: велика рогата худоба, приготування кормів, силос, завантажувач силосу, блок-різак, кормосуміш TMR, механізація годівлі, гідравлічний привід, охорона праці, техніко-економічна оцінка.

ЗМІСТ

ВСТУП....8
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ....10
1.1 Технології приготування кормів на фермах ВРХ....10
1.2 Технічне забезпечення для приготування кормів на фермах ВРХ....14
1.3 Огляд конструкцій мобільних навантажувачів силосу....18
1.4 Висновки до розділу....23
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ....25
2.1 Вихідні дані....25
2.2 Обґрунтування технології приготування кормів....28
2.3 Розрахунок продуктивності процесу....33
2.4 Визначення кількості засобів механізації....37
2.5 Висновки....40
3 УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАВАНТАЖУВАЧА СИЛОСУ....42
3.1 Вихідні дані....42
3.2 Розробка варіантів удосконалення завантажувача силосу....44
3.3 Розрахунки елементів конструкції....48
3.4 Робота удосконаленого завантажувача силосу....54
3.5 Висновки....55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ....56
4.1 Загальні вимоги охорони праці при приготуванні кормів....56
4.2 Вимоги безпеки праці при роботі з завантажувачем силосу....59
4.3 Висновки....62
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА....63
5.1 Вихідні дані....63

5.2 Результати розрахунків 65

5.5 Висновки 66

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....67

БІБЛІОГРАФІЯ 69

ДОДАТКИ 71

ВСТУП

Сучасне молочне скотарство потребує впровадження ефективних технологій годівлі, які забезпечують стабільне надходження поживних речовин до організму тварин, зменшують втрати кормів і підвищують продуктивність стада [1, 6]. Одним із найбільш відповідальних етапів виробничого процесу на фермах великої рогатої худоби є приготування та роздавання кормів. Саме від якості виконання цих операцій залежить рівномірність споживання кормосуміші, повноцінність раціону, санітарний стан кормових зон і загальна ефективність використання кормових ресурсів.

На фермах великої рогатої худоби значну частку раціону займають об’ємні корми, зокрема кукурудзяний силос. Його якісний відбір із траншейного сховища має важливе значення для збереження поживної цінності корму та недопущення вторинного псування відкритого фронту силосної маси [4, 5]. У разі використання малоефективних або недостатньо пристосованих навантажувальних засобів можливе надмірне розпушування силосу, порушення структури моноліту, збільшення втрат корму, погіршення умов роботи оператора та зниження продуктивності всієї лінії приготування кормосуміші.

Актуальність теми дипломного проєкту зумовлена необхідністю підвищення ефективності технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби шляхом удосконалення операції виймання та завантаження силосу. Застосування модернізованого завантажувача з робочим органом типу блок-різака дозволяє забезпечити більш рівний зріз силосного моноліту, зменшити втрати корму, стабілізувати подачу матеріалу до змішувально-роздавальної машини та покращити умови експлуатації обладнання [9, 10, 11].

Метою дипломного проєкту є модернізація технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби за рахунок удосконалення

завантажувача силосу, що забезпечує підвищення продуктивності, зменшення втрат корму та покращення якості відбору силосної маси.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати існуючі технології приготування кормів на фермах великої рогатої худоби; обґрунтувати технологічну схему приготування повнораціонної кормосуміші; визначити продуктивність процесу та необхідну кількість засобів механізації; розробити варіант удосконалення завантажувача силосу; виконати розрахунки основних елементів конструкції та гідравлічної системи; розглянути питання охорони праці під час роботи з удосконаленим обладнанням; провести техніко-економічну оцінку запропонованого рішення.

Об’єктом проєктування є технологічний процес приготування кормів на фермі великої рогатої худоби.

Предметом проєктування є параметри та конструктивно-технологічні особливості удосконаленого завантажувача силосу, який використовується у складі лінії приготування кормосуміші.

У процесі виконання дипломного проєкту використано методи аналізу технологічних процесів у тваринництві, порівняння технічних рішень, інженерних розрахунків продуктивності, розрахунку елементів конструкції на міцність, а також методи техніко-економічної оцінки ефективності впровадження удосконалення.

Таким чином, тема дипломного проєкту є актуальною, має практичне спрямування і пов’язана з підвищенням технічного рівня механізованих процесів приготування кормів у тваринництві.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Технології приготування кормів на фермах ВРХ

Сучасна ферма великої рогатої худоби розглядається як виробнича система, у якій годівля є одним із найвідповідальніших технологічних процесів. Саме від стабільності підготовки кормів, точності дозування компонентів, якості змішування та своєчасності роздавання залежить реалізація генетичного потенціалу тварин, рівень продуктивності, витрати праці та собівартість молока або приросту живої маси. У технологічному ланцюзі «зберігання – виймання – транспортування – дозування – змішування – роздавання» силос займає значну частку у раціоні ВРХ, тому робота навантажувача силосу безпосередньо впливає на рівномірність надходження основного об’ємного корму до змішувача-кормороздавача.

Під приготуванням кормів на фермах ВРХ слід розуміти сукупність операцій, спрямованих на доведення кормових компонентів до стану, придатного для згодовування конкретній виробничій групі тварин. До таких операцій належать очищення, подрібнення, плющення, зволоження або підсушування окремих компонентів, внесення мінеральних добавок, дозування та змішування. На молочних фермах перевагу часто надають повнораціонним кормосумішам, оскільки вони дають можливість зменшити вибіркове поїдання корму і забезпечити сталість поживності кожної порції раціону [1, 2].

За способом організації годівлі технології приготування кормів доцільно поділяти на компонентну, частково змішану та повнораціонну. Компонентна система передбачає окреме згодовування сіна, силосу, сінажу, концентратів і добавок. Її перевагою є простота обладнання, однак недоліком є складність забезпечення однакового споживання всіх компонентів кожною твариною. Частково змішана система застосовується тоді, коли основні об’ємні корми змішують у кормороздавачі, а концентровані корми задають окремо, наприклад у доїльній залі або через автоматичні станції. Повнораціонна система TMR

передбачає зважування і змішування всіх компонентів у межах одного раціону [3].

Основними вимогами до технології приготування кормів є точність дозування, збереження поживної цінності компонентів, рівномірність структури кормосуміші, мінімальні втрати під час виймання та транспортування, а також безпечність процесу для персоналу й тварин. Для силосу особливо важливо зберігати вертикальну рівну площину зрізу у сховищі. Розрихлення моноліту, відривання великих грудок та надмірне перемішування шарів із різним ступенем ущільнення погіршують умови зберігання відкритої поверхні, прискорюють доступ повітря і можуть спричиняти втрати якості корму [4, 5].

У практиці молочних ферм типовим є використання траншейних або наземних силосних сховищ, із яких корм щоденно виймають фронтальними, телескопічними, грейферними або спеціалізованими фрезерними навантажувачами. Далі силос транспортують до змішувача-кормороздавача, де він поєднується з іншими компонентами. При цьому навантажувач виконує не лише транспортну, а й технологічну функцію: він формує розмір порції, визначає характер відділення корму від масиву і впливає на початкову однорідність потоку матеріалу.

Раціон ВРХ формується з урахуванням фізіологічного стану тварин, рівня продуктивності, живої маси, фази лактації, якості основних кормів та наявності концентратів. Сучасні довідкові системи нормування годівлі підкреслюють необхідність балансування раціонів за сухою речовиною, енергією, протеїном, клітковиною, мінеральними речовинами та вітамінами [6]. Технологічна лінія приготування кормів повинна не лише забезпечувати механічне переміщення матеріалу, а й створювати умови для фактичного виконання заданого раціону.

Схематично технологічний процес приготування кормів на фермі ВРХ можна подати як послідовність взаємопов’язаних операцій, у якій початковим

етапом є аналіз потреб тварин, а завершальним – контроль споживання корму та коригування технологічних параметрів.



Рисунок 1.1 – Схема формування повнораціонної кормосуміші на фермі ВРХ

Наведена схема показує, що навантаження силосу є проміжною, але критичною операцією між зберіганням корму і його дозуванням у змішувач. Якщо на цьому етапі виникають нерівномірна подача, потрапляння мерзлих грудок, надмірне розпушування або втрати матеріалу, то навіть якісно підібраний раціон не буде точно реалізований у годівлі. Тому модернізація технологічного процесу доцільна саме через удосконалення навантажувача силосу як вузла, який працює на межі між сховищем і лінією приготування кормів.

Для умов більшості ферм ВРХ раціональним напрямом є поєднання мобільної техніки для виймання і транспортування кормів із змішувачами-кормороздавачами. Такий підхід зберігає технологічну гнучкість, дозволяє використовувати існуючі силосні траншеї та не потребує повної перебудови приміщень. Разом з тим він висуває підвищені вимоги до навантажувача силосу: машина повинна відокремлювати корм рівномірно, не забруднювати його

ґрунтом, не створювати надмірних втрат і забезпечувати подачу матеріалу порціями, зручними для точного завантаження змішувача.

Таблиця 1.1 – Порівняння основних технологій приготування кормів на фермах ВРХ

Технологія	Характеристика	Переваги	Недоліки
Компонентна	Компоненти раціону роздаються окремо або у мінімально змішаному вигляді.	Простота організації, менша потреба у складному обладнанні.	Вища ймовірність вибіркового поїдання, складніший контроль фактичного споживання.
Частково змішана	Основні об’ємні корми змішуються, а частина концентратів або добавок задається окремо.	Гнучкість для різних груп тварин, помірні вимоги до техніки.	Потрібне узгодження декількох каналів подачі корму.
Повнораціонна TMR	Усі компоненти дозуються, зважуються і змішуються в одну кормосуміш.	Вища однорідність раціону, зниження вибірковості, зручність механізації [2, 3].	Потребує точного зважування, справного змішувача і стабільної подачі силосу.

Для умов більшості ферм ВРХ раціональним напрямом є поєднання мобільної техніки для виймання і транспортування кормів із змішувачами-кормороздавачами. Такий підхід зберігає технологічну гнучкість, дозволяє використовувати існуючі силосні траншеї та не потребує повної перебудови приміщень. Разом з тим він висуває підвищені вимоги до навантажувача силосу: машина повинна відокремлювати корм рівномірно, не забруднювати його ґрунтом, не створювати надмірних втрат і забезпечувати подачу матеріалу порціями, зручними для точного завантаження змішувача.

Отже, аналіз технологій приготування кормів свідчить, що силосонавантажувач є одним із ключових елементів лінії. Його недосконаліть проявляється не лише у збільшенні часу завантаження, а й у погіршенні якості кормового фронту, підвищенні трудомісткості очищення майданчика, збільшенні нерівномірності порцій та втрат корму. Це створює підстави для подальшого розгляду технічного забезпечення процесу та пошуку конструктивного рішення для модернізації навантажувача.

1.2 Технічне забезпечення для приготування кормів на фермах ВРХ

Технічне забезпечення процесу приготування кормів на фермі ВРХ охоплює машини й обладнання для зберігання, виймання, транспортування, подрібнення, дозування, змішування та роздавання кормів. Склад лінії залежить від розміру ферми, структури раціону, способу утримання тварин, типу кормосховищ і прийнятої системи годівлі. У найпростішому варіанті лінія складається з мобільного навантажувача, трактора, змішувача-кормороздавача та допоміжного обладнання для підготовки концентратів. На великих фермах вона доповнюється стаціонарними бункерами, ваговими платформами, транспортерами, автоматизованими дозаторами, силосними фрезами, системами керування та обліку кормів.

Сховища об’ємних кормів є початковою ланкою лінії. Силос і сінаж зазвичай зберігають у траншеях або буртах, сіно – у рулонах чи тюках, зернові компоненти – у складах або металевих силосах. Для збереження якості силосу важливими є належне ущільнення, герметизація, захист від атмосферних опадів і правильне щоденне відкривання кормового фронту. Практичні рекомендації із заготівлі силосу підкреслюють, що якість зберігання безпосередньо впливає на поживність корму, здоров’я тварин та економіку виробництва [4, 5].

Обладнання для виймання силосу повинно забезпечувати чистий зріз моноліту без надмірного розрихлення. У багатьох господарствах для цього застосовують фронтальні навантажувачі з ковшем, оскільки вони універсальні та доступні. Однак ковшовий спосіб виймання часто супроводжується відриванням великих масивів корму, нерівномірною поверхнею зрізу та потребою у додатковому маневруванні. Спеціалізовані фрезерні або грейферні пристрої дають кращу якість відокремлення, але є дорожчими і потребують узгодження з трактором або самохідним шасі.

До машин для подрібнення й підготовки компонентів належать кормодробарки, плющилки зерна, подрібнювачі грубих кормів, змішувачі, дозатори мікродобавок і допоміжні транспортери. Для ВРХ важливо зберігати певну фізичну структуру корму: надмірне подрібнення об’ємних компонентів знижує ефективність клітковини, а занадто довгі частки можуть сприяти вибірковому поїданню. У дослідженнях повнораціонних кормосумішей наголошується, що розподіл часток і однорідність змішування є суттєвими показниками якості TMR [7].

Змішувачі-кормороздавачі є центральною машиною лінії приготування кормів. Вони можуть бути горизонтальними, вертикальними, одно- або двошнековими, причіпними чи самохідними. Головні вимоги до них полягають у забезпеченні потрібної продуктивності, точності завантаження, якісного перемішування компонентів, стабільного роздавання корму вздовж годівниці та

мінімального травмування структури корму. У разі використання змішувача без якісного навантажувача силосу виникають труднощі із точним дозуванням: оператор змушений багаторазово добирати порцію ковшем або видаляти надлишок матеріалу.

Вагові та контрольні системи є важливими для реалізації заданого раціону. На практиці вони можуть бути встановлені на змішувачі-кормороздавачі, навантажувачі або стаціонарних бункерах. Вагове дозування дозволяє зменшити відхилення від рецепта, порівнювати планове і фактичне споживання корму, а також аналізувати залишки на кормовому столі. У поєднанні з електронними картами годівлі такі системи створюють основу для точного тваринництва.

Загальну структуру технічного забезпечення лінії приготування кормів можна подати у вигляді схеми, де навантажувач силосу з’єднує кормосховище з обладнанням подальшої підготовки і дозування.



Рисунок 1.2 – Схема технічного забезпечення лінії приготування кормів

Із наведеної схеми видно, що від якості роботи навантажувача залежить не тільки швидкість заповнення змішувача, а й стабільність роботи всієї лінії. Якщо силос подається нерівномірно або з великими грудками, зростає навантаження на змішувальний орган, подовжується цикл змішування, збільшується витрата палива і погіршується точність дозування. Тому удосконалення навантажувача силосу має розглядатися як елемент модернізації всього технологічного процесу, а не як локальна заміна робочого органа.

Таблиця 1.2 – Основні групи машин і обладнання лінії приготування кормів

Група обладнання	Функція у технологічному процесі	Типові приклади	Вплив на якість кормосуміші
Кормосховища	Зберігання запасів силосу, сінажу, сіна, зерна та добавок.	Силосні траншеї, бурти, склади, бункери.	Визначають вихідну якість і стабільність властивостей компонентів.
Навантажувальні засоби	Виймання корму зі сховища, формування порції та подача до змішувача або транспорту.	Фронтальні, телескопічні, грейферні, фрезерні навантажувачі.	Впливають на втрати, рівність зрізу силосу та точність завантаження.
Подрібнювальне обладнання	Доведення зернових і грубих кормів до потрібної фракції.	Дробарки, плющилки, подрібнювачі, різальні апарати.	Формує структуру корму і умови для рівномірного змішування.
Дозувальні пристрої	Внесення компонентів згідно з рецептом.	Вагові системи, дозатори концентратів, шнеки, бункери.	Забезпечують відповідність фактичного складу кормосуміші заданому раціону.
Змішувачі-кормороздавачі	Змішування компонентів і роздавання корму тваринам.	Вертикальні та горизонтальні TMR-змішувачі.	Визначають однорідність і доступність корму на кормовому столі.

Технічний рівень лінії приготування кормів визначається не лише наявністю сучасного змішувача або потужного трактора, а й узгодженістю всіх елементів за продуктивністю. Наприклад, якщо змішувач має більший об’єм, ніж навантажувач здатний швидко і точно заповнювати, цикл приготування затягується. Якщо ж навантажувач формує занадто велику порцію, оператор змушений компенсувати похибку повторними маневрами. У результаті збільшуються витрати палива, зношування гідравлічної системи, час простою змішувача та трудомісткість операції.

Для модернізації лінії доцільно оцінювати техніку за такими показниками: змінна продуктивність, питома витрата палива, точність дозування, втрати корму під час виймання, якість зрізу силосного масиву, тривалість циклу завантаження, безпечність роботи оператора і можливість агрегатування з наявними тракторами. Особливе значення має конструкція робочого органа навантажувача силосу. Саме вона визначає характер взаємодії з кормовим монолітом, опір різанню або відриванню, розмір відокремлених часток та рівномірність потоку матеріалу.

Отже, технічне забезпечення процесу приготування кормів є багатокомпонентною системою, у якій навантажувач силосу виконує базову операцію забезпечення змішувача основним об’ємним кормом. Удосконалення цієї машини має потенціал для зменшення втрат, підвищення точності завантаження, покращення санітарного стану кормового фронту і скорочення тривалості технологічного циклу.

1.3 Огляд конструкцій мобільних навантажувачів силосу

Мобільні навантажувачі силосу застосовуються для відокремлення силосної маси від моноліту, захоплення, переміщення та вивантаження її у змішувач-кормороздавач або транспортний засіб. За конструктивною ознакою їх можна поділити на ковшові, грейферні, фрезерні, щелепні, телескопічні та

комбіновані. Вибір конкретної конструкції залежить від типу силосного сховища, висоти кормового фронту, щільності силосу, наявності трактора відповідної потужності, потрібної продуктивності і вимог до якості зрізу.

Найбільш поширеними є фронтальні ковшові навантажувачі. Вони агрегатуються з тракторами, мають просту конструкцію, невисоку вартість і можуть виконувати різні господарські операції. Ковш дозволяє швидко набирати значний об’єм корму, однак принцип його роботи базується переважно на врізанні та відриванні маси. За високої щільності силосу це призводить до нерівного фронту, відриву великих блоків, необхідності повторних проходів і підвищеного навантаження на трактор. Крім того, при роботі звичайним ковшем важко забезпечити точну масу порції.

Грейферні та щелепні навантажувачі мають рухомі затискні елементи, які можуть захоплювати певний об’єм силосу більш контрольовано, ніж звичайний ківш. Їх перевагою є можливість утримання матеріалу під час переміщення, зменшення просипання і краща робота з пухкими або неоднорідними кормами. Недоліками є ускладнена конструкція, більша маса навісного обладнання та потреба у справній гідравлічній системі трактора.

Фрезерні навантажувачі використовують активний робочий орган у вигляді барабана з ножами, фрезами або зубцями. Такий орган не відриває силос великими блоками, а послідовно зрізає його з поверхні моноліту. Це покращує якість кормового фронту, зменшує руйнування силосної маси, дає рівномірніший потік матеріалу і спрощує завантаження змішувача. Водночас фрезерний орган потребує приводу, підвищує енерговитрати і має більшу кількість деталей, які зношуються. Для господарств із середнім і великим поголів’ям саме такий принцип є перспективним для удосконалення, оскільки він безпосередньо вирішує проблему нерівномірного відокремлення силосу.

Телескопічні навантажувачі забезпечують значну висоту підйому і добру маневреність. Вони зручні для великих сховищ, високих буртів і завантаження

високобортних транспортних засобів. Проте їх ефективність залежить від встановленого робочого органа: звичайний ківш зберігає ті самі недоліки, що і фронтальний навантажувач, тоді як спеціалізована силосна фреза або грейфер підвищують якість роботи. Тому оцінювати потрібно не лише базове шасі, а й робочий орган, його кінематику, ширину захвату, глибину врізання та спосіб вивантаження.

Комбіновані конструкції поєднують функції зрізання, захоплення, короткого транспортування і дозованого вивантаження. Наприклад, навантажувач може мати активний ріжучий барабан, приймальну камеру і стрічковий або шнековий транспортер. Таке рішення складніше, але дає можливість подавати силос не разовими ковшовими порціями, а більш рівномірним потоком. Саме це є важливим для узгодження роботи навантажувача зі змішувачем-кормороздавачем, особливо коли потрібно точно дотриматися рецепта кормосуміші.

Класифікацію мобільних навантажувачів силосу доцільно подати за принципом взаємодії робочого органа з кормовим монолітом.



Рисунок 1.3 – Класифікація мобільних навантажувачів силосу

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика конструкцій мобільних навантажувачів силосу

Тип навантажувача	Принцип дії	Переваги	Обмеження
Фронтальний ковшовий	Ківш врізається у масив і відриває порцію силосу.	Простота, універсальність, доступність, можливість використання на різних роботах.	Нерівний зріз, великі грудки, складність точного дозування, можливе забруднення корму.
Грейферний або щелепний	Рухомі щелепи захоплюють і утримують порцію корму.	Менше просипання, кращий контроль порції, зручність роботи з пухкими кормами.	Складніша гідравліка, більша маса, обмеження за висотою і щільністю моноліту.
Фрезерний	Активний барабан або фреза поступово зрізає силос із фронту.	Рівніший зріз, менше руйнування моноліту, рівномірніший потік матеріалу.	Потреба у приводі, зношування ножів, вища складність обслуговування.
Телескопічний з ковшем	Матеріал набирається ковшем, а стріла забезпечує збільшену висоту підйому.	Висока маневреність, зручність для великих сховищ і високих бортів.	Якість зрізу залежить від ковша; вартість вища, ніж у тракторного навантажувача.
Комбінований з транспортером	Робочий орган відокремлює корм, а транспортер подає його у змішувач або кузов.	Можливість дозованої подачі, зменшення маневрування, краща узгодженість із лінією.	Складність конструкції, потреба у налаштуванні та якісному технічному обслуговуванні.

Порівняння конструкцій показує, що універсальні ковшові машини є найбільш доступними, проте не завжди забезпечують технологічно правильне виймання силосу. Для модернізації доцільно орієнтуватися на робочі органи, які відокремлюють корм шляхом контрольованого різання або фрезерування, а не грубого відривання. Це дозволяє зберегти щільність і рівність відкритого силосного фронту, зменшити вторинне псування корму та стабілізувати масу порцій.

Під час вибору напряму удосконалення навантажувача силосу необхідно враховувати фізико-механічні властивості матеріалу: вологість, щільність, ступінь подрібнення, температуру, наявність мерзлих зон, висоту фронту і силу зчеплення частинок. Силос є неоднорідним матеріалом, тому робочий орган повинен бути пристосований до змінного опору різанню. За таких умов перспективними є конструкції з активним відокремленням шару, обмеженням глибини захвату та можливістю спрямованої подачі матеріалу.

До основних недоліків наявних ковшових навантажувачів, які проявляються у технологічному процесі приготування кормів, належать: відсутність дозованого відокремлення шару; нерівномірна маса порцій; значне маневрування трактора біля силосної траншеї; руйнування кормового фронту; просипання матеріалу під час транспортування; збільшення тривалості завантаження змішувача; недостатня оглядовість робочої зони. Усі ці фактори можуть бути зменшені шляхом удосконалення робочого органа і схеми подачі силосу.

У контексті теми дипломного проєкту модернізація технологічного процесу повинна передбачати не повну заміну машинного парку, а вдосконалення найбільш проблемної операції. Такою операцією є виймання і завантаження силосу. Раціональним рішенням може бути використання активного відрізного або фрезерного органа, який формує рівний шар матеріалу, та допоміжного транспортуючого елемента, що подає силос у бік змішувача або

ковша без значного розсипання. Очікувані напрями модернізації узагальнено на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Основні напрями модернізації навантажувача силосу

Запропоновані напрями удосконалення пов’язані з підвищенням технологічної якості операції. Активний відрізний орган забезпечує контрольований процес відокремлення матеріалу; дозована подача зменшує похибку завантаження змішувача; збереження рівного фронту силосу зменшує доступ повітря до масиву; поліпшення оглядовості та безпеки знижує ризик травмування оператора і пошкодження техніки. У подальших розділах ці напрями можуть бути конкретизовані у вигляді конструктивної схеми удосконаленого навантажувача та розрахунку його параметрів.

1.4 Висновки до розділу

У результаті аналізу встановлено, що технологічний процес приготування кормів на фермах ВРХ є послідовністю взаємопов’язаних операцій, серед яких виймання і завантаження силосу має суттєвий вплив на точність реалізації раціону, якість кормосуміші та продуктивність усієї лінії.

Розглянуті технології годівлі свідчать, що найбільш вимогливою до точності дозування і стабільності подачі компонентів є система повнораціонної

кормосуміші TMR. Для її ефективного застосування необхідно забезпечити рівномірне надходження силосу до змішувача-кормороздавача та збереження фізичної структури корму.

Технічне забезпечення лінії приготування кормів включає кормосховища, навантажувачі, подрібнювальне обладнання, дозатори, змішувачі-кормороздавачі та системи контролю. Найбільш проблемною ланкою в умовах використання траншейних силосних сховищ є навантажувач силосу, оскільки саме він визначає якість відокремлення матеріалу від моноліту.

Огляд мобільних навантажувачів силосу показав, що ковшові машини мають високу універсальність, але не завжди забезпечують рівний зріз, точне дозування і мінімальні втрати. Фрезерні та комбіновані робочі органи є більш перспективними з погляду технологічної якості, оскільки вони забезпечують контрольоване відокремлення шару силосу.

Подальше удосконалення навантажувача силосу доцільно спрямувати на застосування активного відрізного органа, стабілізацію подачі матеріалу, зменшення просипання, підвищення точності завантаження змішувача та забезпечення безпечних умов роботи оператора. Це створює підстави для розроблення модернізованої конструкції у наступних розділах дипломного проєкту.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ

2.1 Вихідні дані

Проєктування технологічного процесу приготування кормів виконано для ферми великої рогатої худоби на 600 корів зі шлейфом. Утримання тварин прийнято безприв'язним, що передбачає групову організацію годівлі, використання кормових столів і роздавання кормосуміші мобільним агрегатом. Така система відповідає сучасним підходам до організації годівлі молочної худоби, оскільки дає змогу готувати збалансовану повнораціонну кормосуміш для окремих технологічних груп [1, 6].

Для ферми такого розміру приготування кормів слід розглядати як безперервний щоденний процес, у якому технологічні, організаційні та зоотехнічні рішення взаємопов'язані. Розрахункова схема повинна забезпечувати не тільки фізичне переміщення компонентів, а й стабільну якість кормосуміші, дотримання раціону для кожної технологічної групи, рівномірність роздавання уздовж кормового столу та можливість оперативного коригування складу суміші відповідно до продуктивності стада [1; 2].

З урахуванням безприв'язного утримання доцільно прийняти централізоване приготування повнораціонної кормосуміші TMR, оскільки саме такий підхід найкраще відповідає вимогам групової годівлі. За цієї технології всі основні компоненти раціону - силос, подрібнені грубі корми, концентрати та мінеральні добавки - поєднуються у єдину суміш із заданою вологістю та структурою. Це спрощує організацію годівлі, зменшує вибіркове поїдання корму і сприяє стабілізації споживання сухої речовини тваринами [1; 3].

До шлейфу віднесено ремонтний молодняк, сухостійних корів і нетелей, тому під час розробки процесу прийнято поділ поголів'я на технологічні групи. Основною групою є дійні корови, для яких якість змішування, стабільність подачі

силосу і точність дозування компонентів мають найбільше значення. Раціон формується за принципом TMR, тобто всі основні кормові компоненти попередньо подрібнюються, дозуються і змішуються до отримання однорідної кормосуміші [3].

Вихідні дані для розрахунку технологічного процесу наведено в табл. 2.1. Значення прийнято як проєктні, з урахуванням типових умов молочної ферми, наявності силосного сховища траншейного типу і використання причіпного фермського комбайна.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розробки технологічного процесу

Показник	Прийняте значення	Примітка
Поголів’я корів, гол.	600	Безприв’язне утримання
Шлейф ферми, гол.	300	Сухостійні корови, нетелі, молодняк
Загальне поголів’я, гол.	900	Для організації кормового потоку
Кількість технологічних груп	4	Дійні корови, сухостійні, нетелі, молодняк
Тип годівлі	TMR	Повнораціонна кормосуміш
Основний об’ємний корм	Кукурудзяний силос	Зберігання у траншеї
Машина для виймання силосу	Мобільний навантажувач силосу	За вкладеним загальним виглядом
Машина для змішування і роздавання	Причіпний фермський комбайн	Змішування, транспортування і роздавання
Тривалість роботи лінії за добу, год	4,0	Два цикли годівлі
Коефіцієнт нерівномірності подачі	1,10	Запас на організаційні втрати часу

Для подальших розрахунків прийнято середньодобову потребу у кормосуміші: для дійних корів – 45 кг на голову, для сухостійних корів – 28 кг, для нетелей – 24 кг, для ремонтного молодняку – 18 кг. За прийнятого розподілу поголів’я це забезпечує орієнтовний добовий обсяг приготування кормів на рівні 35,3 т. Такий обсяг відповідає умовам ферми середньої потужності і потребує узгодженої роботи навантажувача силосу, трактора та причіпного фермського комбайна.

Прийняті норми годівлі відображають типову диференціацію раціонів за фізіологічним станом тварин. Найбільша потреба у кормосуміші властива дійним коровам, оскільки саме ця група формує основний вихід молока та вимагає найбільшої концентрації енергії й протеїну. Для сухостійних корів та нетелей норми є меншими, проте суміш повинна містити достатню кількість структурної клітковини, щоб підтримувати нормальне функціонування рубця і забезпечувати зоотехнічну безпеку годівлі.

Таблиця 2.2 – Розрахункова потреба у кормосуміші за технологічними групами

Технологічна група	Поголів’я, гол.	Норма кормосуміші, кг/гол. за добу	Добова потреба, кг
Дійні корови	600	45	27000
Сухостійні корови	80	28	2240
Нетелі	100	24	2400
Ремонтний молодняк	120	18	2160
Разом	900	–	33800

Під час проєктування також важливо враховувати добовий ритм роботи ферми. Приготування кормів, як правило, виконується у ранковий період, коли

необхідно швидко забезпечити всі технологічні групи свіжою кормосумішшю. Тому навіть за порівняно невеликої тривалості роботи лінії фактичне навантаження на машини є значним, а узгодження місткості змішувача, продуктивності навантажувача та часу на транспортні рейси має вирішальне значення для своєчасного завершення процесу.

Добова потреба у кормосуміші приймається з технологічним запасом на залишки корму, нерівномірність поїдання і можливі втрати під час завантаження. Тому для розрахунків прийнято 35,3 т кормосуміші за добу.

2.2 Обґрунтування технології приготування кормів

Для заданих умов найбільш доцільною є потоково-порційна технологія приготування кормів. Її суть полягає у тому, що компоненти раціону подаються до причіпного фермського комбайна окремими порціями відповідно до рецепту, після чого подрібнюються, перемішуються і роздаються тваринам у вигляді однорідної кормосуміші. Така технологія дає змогу зменшити вибіркове поїдання кормів, стабілізувати надходження поживних речовин і підвищити ефективність використання силосу [1, 4].

Потоково-порційна організація процесу є доцільною тому, що вона поєднує переваги централізованого приготування суміші з гнучкістю мобільних засобів механізації. На відміну від стаціонарних ліній, вона не потребує складної системи транспортерів між сховищами та кормоцехом, а основні операції виконуються безпосередньо біля місця зберігання кормів і далі переміщуються у корівник одним транспортно-технологічним циклом. Це особливо важливо для ферм, де необхідно обмежити капітальні витрати, але водночас забезпечити високу технологічну надійність.

Вибір TMR-годівлі для даного об’єкта обґрунтовується також вимогами до стабільності споживання корму різними групами тварин. При внесенні кожного компонента окремо підвищується ризик вибіркового поїдання, нерівномірного

надходження поживних речовин та порушення структури раціону. У змішаній кормосуміші ці недоліки значною мірою усуваються, а сама технологія краще піддається механізації та контролю [1; 2; 5].

Особливістю розроблюваної лінії є використання мобільного навантажувача силосу, загальний вигляд якого наведено на вкладеному рисунку. Навантажувач призначений для відокремлення силосної маси від моноліту, її захоплення, піднімання і подачі до приймального бункера причіпного фермського комбайна. Застосування такого навантажувача зменшує ручну працю, скорочує тривалість підготовчих операцій і забезпечує ритмічне завантаження змішувальної машини.

Технологічний процес доцільно організувати у такій послідовності: під’їзд агрегату до силосної траншеї; відокремлення силосу навантажувачем; подача силосу у бункер фермського комбайна; дозування концентрованих, грубих і мінеральних компонентів; змішування; транспортування готової суміші до корівника; рівномірне роздавання по кормовому столу; контроль залишків і коригування наступного циклу годівлі.

На початковому етапі процесу визначають склад і масу окремих компонентів згідно з добовою програмою годівлі. Після цього мобільний навантажувач силосу під’їжджає до траншеї та відбирає порцію силосу з відкритого фронту. Важливо, щоб відбирання відбувалося рівномірно по висоті зрізу і без зайвого розрихлення моноліту, оскільки це зменшує вторинне нагрівання силосу та сприяє збереженню його якості. Отримана порція подається у причіпний фермський комбайн, куди паралельно або послідовно завантажуються інші компоненти раціону.

Після завершення завантаження комбайн виконує змішування компонентів до одержання однорідної TMR-суміші. Тривалість змішування має бути достатньою для рівномірного розподілу концентратів і добавок у масі об’ємних кормів, але не надмірною, щоб не допустити руйнування структурних частинок.

Далі готова суміш транспортується до корівника і роздається вздовж годівниць, що завершує виробничий цикл приготування корму на добу.

Запропонована технологічна схема як графічний об’єкт наведена на рис. 2.1. Вона відображає не лише послідовність операцій, а й фактичні елементи технологічної лінії: силосну траншею, мобільний навантажувач, причіпний фермський комбайн, джерела концентрованих і грубих кормів, вузол внесення мінеральних добавок, етап змішування, транспортування та роздавання кормосуміші. Така форма подання є зручною для подальшого конструкторського та організаційного опрацювання процесу.

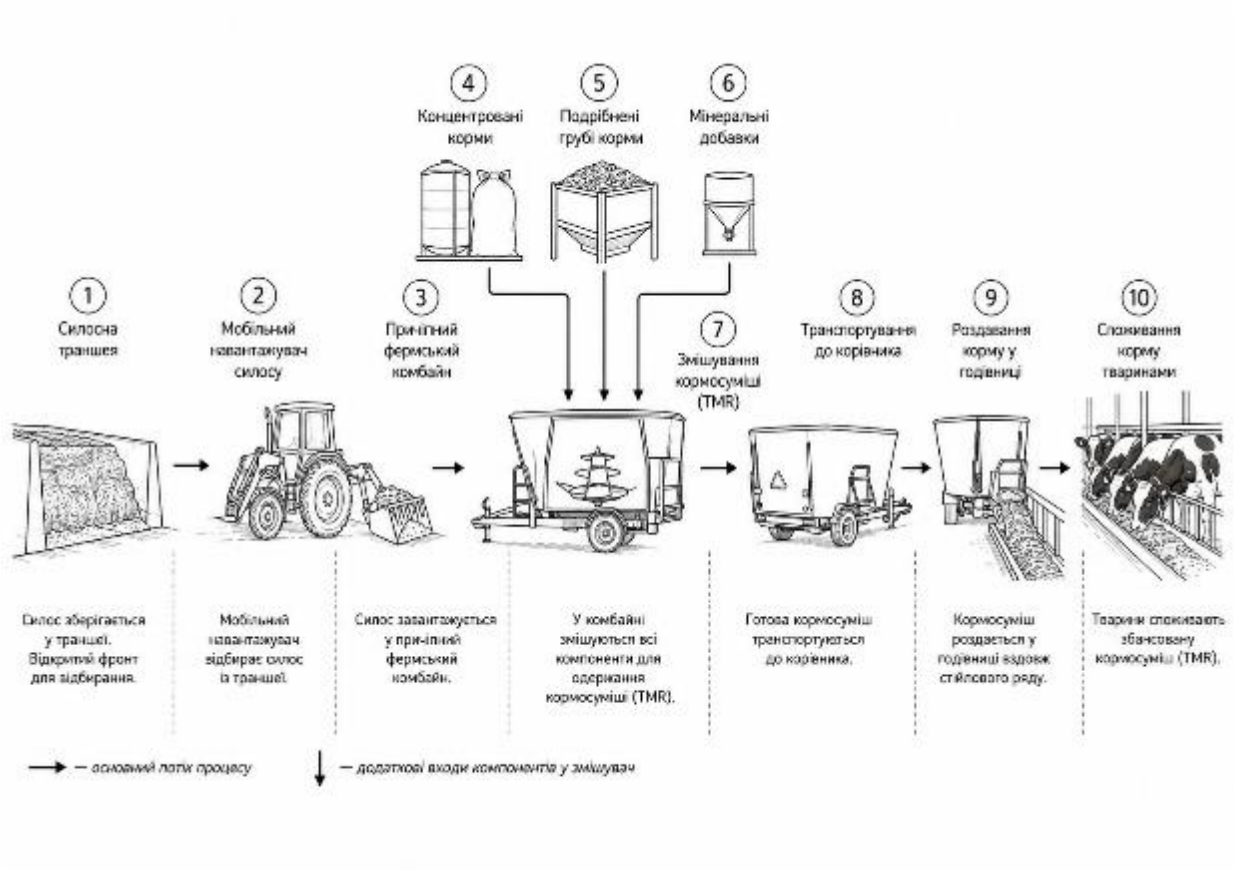


Рисунок 2.1 – Технологічна схема приготування кормів на фермі ВРХ

На рис. 2.1 показано, що навантажувач силосу є початковою механізованою ланкою у потоці об’ємних кормів. Від рівномірності його роботи залежить фактична тривалість завантаження фермського комбайна, ступінь розпушування

силосу і точність виконання рецепту. Тому удосконалення навантажувача розглядається як один із головних резервів підвищення продуктивності всієї лінії.

Використання саме мобільного навантажувача силосу у складі лінії зумовлено його функціональною універсальністю. Машина здатна працювати безпосередньо біля траншеї, швидко виконувати навантажувальний цикл і, за потреби, використовуватись для інших допоміжних робіт на фермі. Водночас якість його роботи істотно впливає на узгодженість усього процесу: при недостатній продуктивності збільшується тривалість простою змішувача, а при нерівномірному відбиранні корму погіршується точність дозування об’ємного компонента.

У складі лінії причіпний фермський комбайн виконує функції приймання, подрібнення, змішування, транспортування та роздавання кормосуміші. Перевагою причіпної машини є можливість агрегатування з наявним трактором, порівняно невисока вартість впровадження та достатня продуктивність для ферми на 600 корів. Разом з тим ефективність такої машини обмежується швидкістю подачі силосу, оскільки саме об’ємні корми формують основну частку маси раціону.

Причіпний фермський комбайн у даній схемі виступає центральною технологічною машиною. Його перевага полягає у поєднанні кількох функцій в одному агрегаті: приймання компонентів, подрібнення окремих складових, змішування, внутрішнє транспортування та роздавання готової суміші. Завдяки цьому кількість перевантажень корму зменшується, знижуються непродуктивні втрати, а загальна структура машинно-технологічного комплексу залишається порівняно простою та надійною в експлуатації.

Раціональна організація роботи лінії передбачає, що завантаження концентрованих кормів, подрібнених грубих компонентів і мінеральних добавок виконується у суворо визначеній послідовності. З практичної точки зору доцільно спочатку подавати частину об’ємних кормів, далі - концентрати і

добавки, після чого вводити решту силосу або грубих кормів. Такий порядок сприяє кращому перемішуванню, запобігає утворенню грудок та полегшує досягнення однорідної структури TMR-суміші.



Рисунок 2.2 – Структура засобів механізації процесу приготування кормів

Запропонована структура засобів механізації передбачає роботу машин у погодженому режимі. Навантажувач силосу забезпечує подачу основного об’ємного компонента, трактор створює тягове й енергетичне забезпечення, а фермський комбайн завершує формування кормосуміші. Такий варіант є раціональним для ферми, де немає потреби встановлювати стаціонарну змішувальну лінію, але необхідно забезпечити стабільну якість годівлі великої кількості тварин.

Погоджений режим роботи означає, що навантажувач, комбайн, трактор і допоміжні засоби не повинні створювати взаємних простоїв. Для цього місткість робочих органів та ритм завантаження мають відповідати обсягу разової порції кормосуміші. Якщо тривалість заповнення змішувача істотно перевищує час змішування або роздавання, втрачається перевага потоково-порційної

організації. Тому у подальших розрахунках особливу увагу приділено узгодженню продуктивності навантажувача із добовою програмою роботи лінії.

2.3 Розрахунок продуктивності процесу

Продуктивність процесу приготування кормів визначається добовою потребою ферми у кормосуміші, тривалістю роботи лінії та коефіцієнтом нерівномірності. Спочатку визначається добова потреба у кормосуміші за всіма технологічними групами:

Розрахунок продуктивності виконується у такій послідовності: спочатку визначається загальна добова потреба у кормосуміші для всіх технологічних груп, потім вводиться коефіцієнт нерівномірності, який враховує коливання фактичного навантаження та організаційні втрати часу, після чого встановлюється потрібна годинна продуктивність лінії. Окремо перевіряється продуктивність мобільного навантажувача силосу як одного з ключових елементів технології. Такий порядок дає можливість не лише отримати числові результати, а й виявити вузькі місця процесу ще на стадії проєктування.

$$Q_{\text{доб}} = \sum_{i=1}^{m} n_i \cdot q_i \qquad (2.1)$$

де $Q_{доб}$ – добова потреба ферми у кормосуміші, кг;

n_i – кількість тварин і-ї технологічної групи, гол.;

q_i – добова норма кормосуміші для і-ї групи, кг/гол.;

m – кількість технологічних груп.

За вихідними даними добова потреба становить: 600·45 + 80·28 + 100·24 + 120·18 = 33800 кг. З урахуванням технологічного запасу 4,4 % прийнято Qдоб = 35300 кг, або 35,3 т за добу.

Отримане значення добової потреби у 35,3 т характеризує сумарне навантаження на всю технологічну лінію. Воно охоплює як реальну кількість кормосуміші, необхідну тваринам, так і мінімально необхідний технологічний

запас, що враховує залишок у змішувачі, втрати при завантаженні та нерівномірність видачі у годівниці. Для великих ферм такий запас є обов'язковим, оскільки дає змогу уникнути дефіциту суміші у години пікового навантаження.

Розрахункова змінна потреба з урахуванням нерівномірності подачі визначається за залежністю:

$$Q_{\text{зм}} = Q_{\text{доб}} \cdot k_{\text{н}} \quad (2.2)$$

де $Q_{зм}$ – розрахункова змінна маса кормосуміші з урахуванням нерівномірності, кг;

$Q_{доб}$ – добова потреба у кормосуміші, кг;

$k_н$ – коефіцієнт нерівномірності технологічного процесу.

При Qдоб = 35300 кг і kн = 1,10 розрахункова змінна маса кормосуміші становить 38830 кг, або 38,83 т.

Коефіцієнт нерівномірності прийнято на рівні 1,10, що відповідає реальним умовам експлуатації мобільних ліній. Його застосування виправдане тим, що у виробничій практиці окремі операції рідко відбуваються з абсолютно сталим ритмом: на фактичний час виконання впливають маневрування техніки, коригування складу порції, зміна відстані перевезення та навіть щільність силосу у різних ділянках траншеї. Таким чином, розрахункова змінна маса визначає проєктне, а не лише теоретичне навантаження на обладнання.

Потрібна годинна продуктивність лінії визначається за формулою:

$$P_{\text{г}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{T_{\text{р}}} \quad (2.3)$$

де $P_г$ – потрібна годинна продуктивність лінії, кг/год;

$Q_{зм}$ – розрахункова змінна маса кормосуміші, кг;

$T_р$ – тривалість роботи лінії протягом доби, год.

За тривалості роботи лінії 4 год потрібна годинна продуктивність становить 9708 кг/год, або 9,71 т/год. Це значення є орієнтиром для вибору місткості

фермського комбайна, продуктивності навантажувача силосу та кількості транспортно-технологічних циклів.

Показник 9,71 т/год доцільно розглядати як основний критерій вибору параметрів технологічної лінії. Саме він визначає, яку кількість корму має в середньому забезпечити система протягом кожної години роботи, щоб своєчасно сформувати добовий обсяг суміші. Якщо фактична продуктивність будь-якої машини буде нижчою за цю величину, вона перетворюється на стримуючий елемент і спричиняє збільшення тривалості роботи всієї лінії.

Продуктивність мобільного навантажувача силосу визначається за місткістю ковша, густиною силосу, коефіцієнтом заповнення та тривалістю одного робочого циклу:

У формулі продуктивності навантажувача найбільший вплив мають місткість ковша, фактична густина силосу та тривалість робочого циклу. Для силосу коефіцієнт заповнення ковша звичайно є меншим за одиницю, оскільки частина об’єму втрачається через нерівномірний характер захоплення матеріалу. Крім того, фактична щільність корму може змінюватися залежно від ступеня ущільнення у траншеї та вологості, тому обране значення повинно відображати середні експлуатаційні умови, а не окремий випадок.

$$P_{\text{н}} = \frac{V_{\text{к}} \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 3600}{t_{\text{ц}}} \qquad (2.4)$$

де $P_{\text{н}}$ – годинна продуктивність навантажувача силосу, кг/год;

$V_{\text{к}}$ – геометрична місткість ковша, м^3;

ρ – середня густина силосу, кг/м^3;

φ – коефіцієнт заповнення ковша;

$t_{\text{ц}}$ – тривалість одного циклу навантаження, с.

Тривалість циклу навантажувача приймається як сума окремих елементів робочого процесу:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{з}} + t_{\text{п}} + t_{\text{в}} + t_{\text{пов}} + t_{\text{д}} \qquad (2.5)$$

де $t_ц$ – загальна тривалість циклу, с;

$t_з$ – час захоплення або відокремлення порції силосу, с;

$t_п$ – час піднімання і переміщення ковша, с;$t_в$ – час вивантаження у приймальний бункер, с;$t_{пов}$ – час повернення робочого органа у вихідне положення, с;$t_д$ – додатковий час на маневрування, с.

Для навантажувача з місткістю ковша 0,96 м3, середньою густиною силосу 650 кг/м3, коефіцієнтом заповнення 0,85 і тривалістю циклу 75 с годинна продуктивність становить приблизно 25,5 т/год. Отже, продуктивність навантажувача перевищує потрібну годинну продуктивність лінії 9,71 т/год, що забезпечує необхідний технологічний резерв.

Результат розрахунку показує, що потенційна годинна продуктивність навантажувача силосу істотно перевищує потрібну продуктивність усієї лінії. Це означає, що за прийнятих умов дана машина здатна забезпечити бездефіцитне завантаження причіпного комбайна, а наявний резерв може бути використаний для компенсації короткочасних зупинок, маневрування або зміни умов роботи. Отже, з точки зору пропускної здатності саме мобільний навантажувач не обмежує технологічний процес.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку продуктивності процесу

Показник	Позначення	Значення
Добова потреба у кормосуміші з урахуванням запасу	$Q_{доб}$	35,3 т/добу
Коефіцієнт нерівномірності	$k_н$	1,10
Розрахункова змінна маса	$Q_{зм}$	38,83 т
Тривалість роботи лінії	$T_р$	4,0 год
Потрібна годинна продуктивність лінії	$P_г$	9,71 т/год
Місткість ковша навантажувача	$V_к$	0,96 м3
Розрахункова продуктивність навантажувача	$P_н$	25,5 т/год

2.4 Визначення кількості засобів механізації

Кількість засобів механізації визначається за умовою забезпечення потрібної продуктивності процесу. Оскільки найбільш напруженою операцією є завантаження силосу, спочатку перевіряється достатність одного мобільного навантажувача:

При визначенні кількості машин важливо враховувати не лише розрахункову продуктивність окремих агрегатів, а й характер їх взаємодії у складі технологічної лінії. Одна і та сама машина може працювати з високою технічною продуктивністю, але за нераціональної організації завантаження, маршрутів руху або черговості операцій фактичний ефект буде нижчим. Тому у даному розділі прийнято принцип узгодження засобів механізації за найнапруженішою операцією, якою є завантаження та подавання об'ємних кормів у змішувач.

$$N_{\text{н}} = \frac{P_{\text{г}}}{P_{\text{н}}} \tag{2.6}$$

де $N_{\text{н}}$ – розрахункова кількість навантажувачів силосу;

$P_{\text{г}}$ – потрібна годинна продуктивність лінії, кг/год;

$P_{\text{н}}$ – годинна продуктивність одного навантажувача, кг/год.

Для прийнятих умов Nн = 9,71 / 25,5 = 0,38. Отже, для виконання операції достатньо одного мобільного навантажувача силосу. Резерв продуктивності потрібний для скорочення простоїв фермського комбайна, маневрування біля траншеї та роботи з різними фракціями корму.

Одержане значення менше одиниці, тому з технологічного погляду достатньо одного навантажувача силосу. Разом з тим така оцінка не означає відсутності резервів удосконалення. Якщо в подальшому буде збільшено поголів'я, скорочено відведений час на приготування суміші або введено багатократне годування протягом доби, вимоги до продуктивності машини

зростуть. Отже, прийнятий варіант має певний запас, але його слід оцінювати у зв’язку з перспективою розвитку ферми.

Кількість причіпних фермських комбайнів визначається за обсягом кормосуміші, місткістю змішувального бункера, густиною суміші, коефіцієнтом заповнення та кількістю рейсів за добу:

$$N_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{V_{\text{зм}} \cdot \rho_{\text{с}} \cdot \varphi_{\text{зм}} \cdot z} \quad (2.7)$$

де $N_{пр}$ – розрахункова кількість причіпних фермських комбайнів;

$Q_{зм}$ – розрахункова маса кормосуміші за добу, кг;

$V_{зм}$ – місткість змішувального бункера, м3;

$\rho_с$ – середня густина готової кормосуміші, кг/м3;

$\varphi_{зм}$ – коефіцієнт заповнення змішувального бункера;

z – кількість рейсів одного комбайна за добу.

За місткості змішувального бункера 12 м3, середньої густини кормосуміші 380 кг/м3, коефіцієнта заповнення 0,85 та 10 рейсів за добу один причіпний фермський комбайн може приготувати і роздати близько 38,8 т кормосуміші. Це відповідає розрахунковій потребі ферми.

Визначення кількості причіпних фермських комбайнів підтверджує, що один агрегат з бункером 12 м3 забезпечує виконання добової програми за умови 10 рейсів. Такий режим є реалістичним для ферми середнього розміру, де відстані між місцем приготування і роздавання корму не є надмірними. Крім того, один комбайн спрощує організацію роботи персоналу, зменшує потребу у додаткових тракторах та дозволяє підтримувати стабільну структуру кормосуміші протягом усієї зміни.

Остаточна кількість машин приймається з урахуванням коефіцієнта резерву:

$$N = \lceil N_{\text{розр}} \cdot k_{\text{р}} \rceil \quad (2.8)$$

де N – прийнята кількість машин, шт.;

$N_{розр}$ – розрахункова кількість машин певного виду;

$k_р$ – коефіцієнт резерву, який враховує можливі простої та технічне обслуговування.

За результатами розрахунків для ферми на 600 корів зі шлейфом приймається один мобільний навантажувач силосу, один причіпний фермський комбайн-змішувач-кормороздавач і один трактор відповідної тягової потужності. Як резервний засіб доцільно передбачити можливість використання фронтального ковша трактора або іншого універсального навантажувача для аварійного виймання силосу.

Таким чином, прийнятий комплект машин можна вважати мінімально достатнім для виконання технологічного процесу. До його складу входять мобільний навантажувач силосу, причіпний фермський комбайн, трактор для агрегатування комбайна та допоміжне обладнання для дозування окремих компонентів. Важливо, що такий склад техніки не є надлишковим, але водночас забезпечує надійне функціонування лінії за умови дотримання встановленого режиму роботи й своєчасного технічного обслуговування.

Прийнята кількість машин забезпечує виконання добової програми приготування кормів у межах заданої тривалості роботи. Узгодження продуктивності навантажувача і фермського комбайна створює умови для ритмічної роботи лінії, зменшення простоїв і стабільного завантаження змішувального бункера.

З організаційної точки зору доцільно передбачити чіткий розподіл функцій між персоналом: оператор навантажувача відповідає за якісне відбирання силосу та безперервне завантаження, оператор причіпного комбайна - за дотримання послідовності введення компонентів, часу змішування і режиму роздавання, а обслуговуючий персонал - за підготовку концентратів і мінеральних добавок. За такої організації досягається висока керованість процесу та мінімізується ризик відхилень від розрахункового раціону.

Таблиця 2.4 – Прийнята кількість засобів механізації

Засіб механізації	Основна функція	Розрахункова потреба	Прийнято
Мобільний навантажувач силосу	Виймання і завантаження силосу	0,38	1 шт.
Причіпний фермський комбайн	Змішування, транспортування і роздавання TMR	1,00	1 шт.
Трактор тягового класу 1,4–2,0	Агрегатування навантажувача та комбайна	1,00	1 шт.
Вагова система	Контроль маси компонентів	1,00	1 комплект
Резервний навантажувальний засіб	Аварійне виймання корму	за потребою	1 одиниця у господарстві

2.5 Висновки

У розділі обґрунтовано технологічний процес приготування кормів для ферми ВРХ на 600 корів зі шлейфом за безприв’язного утримання. Як основний варіант прийнято годівлю повнораціонною кормосумішшю TMR, що забезпечує рівномірне надходження поживних речовин і дає змогу організувати годівлю за технологічними групами.

Розширений аналіз підтвердив доцільність використання потоково-порційної технології приготування кормів з TMR-годівлею, яка найбільш повно відповідає умовам ферми на 600 корів зі шлейфом. Вона забезпечує поєднання достатньої продуктивності, гнучкості мобільних засобів механізації та можливості централізованого контролю якості кормосуміші. Важливим

елементом запропонованої схеми є мобільний навантажувач силосу, від якого залежить стабільність подавання основного об’ємного компонента до змішувача.

Розроблено технологічну схему, у якій мобільний навантажувач силосу виконує операції відокремлення, захоплення і подачі силосної маси до причіпного фермського комбайна. Причіпний фермський комбайн забезпечує подрібнення, змішування, транспортування і роздавання кормосуміші.

За результатами розрахунків добова потреба ферми у кормосуміші з урахуванням технологічного запасу становить 35,3 т, а потрібна годинна продуктивність лінії – 9,71 т/год. Розрахункова продуктивність мобільного навантажувача силосу становить близько 25,5 т/год, що перевищує потребу технологічної лінії.

Для реалізації процесу прийнято один мобільний навантажувач силосу, один причіпний фермський комбайн, один трактор відповідного тягового класу та комплект вагового контролю. Подальше удосконалення доцільно спрямувати на підвищення якості відокремлення силосу від моноліту і стабілізацію подачі матеріалу до змішувальної машини.

Отже, результати розділу можуть бути використані як вихідна база для подальшого конструкторського удосконалення навантажувача силосу та розробки його параметрів у наступних розділах дипломного проєкту. Саме на основі встановлених вимог до продуктивності, тривалості циклу та місця машини у загальному технологічному потоці доцільно формувати технічні рішення щодо вдосконалення робочого органа, зменшення втрат корму та підвищення експлуатаційної ефективності.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАВАНТАЖУВАЧА СИЛОСУ

3.1 Вихідні дані

Удосконалення завантажувача силосу розглядається як складова модернізації технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби. Основним завданням є підвищення якості відбору силосної маси з траншеї, зменшення її розрихлення, скорочення втрат корму під час переміщення та забезпечення стабільної подачі матеріалу до причіпного фермського комбайна.

Силосна маса є неоднорідним вологим матеріалом рослинного походження, який у сховищі перебуває у спресованому стані. Її фізико-механічні властивості залежать від виду культури, вологості, ступеня подрібнення, щільності трамбування і тривалості зберігання. Для розрахунків прийнято кукурудзяний силос із середньою густиною 650 кг/м³, вологістю 65–70 % та підвищеною здатністю до ущільнення.

Під час виймання силосу з траншеї важливо забезпечити рівний фронт зрізу. Якщо робочий орган розриває моноліт, а не відрізає його, у відкриту поверхню швидко проникає повітря, що сприяє нагріванню маси, розвитку небажаної мікрофлори та зниженню поживної цінності корму. Тому робочий орган удосконаленого завантажувача повинен не тільки захоплювати порцію, а й відокремлювати її від моноліту по контрольованій лінії різання.

Як аналог для обґрунтування конструктивного рішення використано серійний різак-захват для силосу А.ТОМ 2,0 м³. У його описі зазначено, що обладнання має верхні та бокові сталеві гартовані леза, а робочий хід верхнього різака забезпечується двома гідроциліндрами [11]. Для цього аналога вказано об’єм 2,0 м³, ширину 2241 мм, висоту 1352 мм, глибину 1458 мм і масу 1344 кг

[11]. У дипломному проєкті використано менший за габаритами варіант блок-різака, адаптований до наявного завантажувача та прийнятої технологічної лінії.

За кресленнями, наведеними у вихідних матеріалах, базовим вузлом удосконалення є блок-різак із нижніми пальцями, боковими ножами, рухомою верхньою ріжучою рамою та двома гідроциліндрами. Технічними вихідними даними прийнято: місткість блока 0,96 м³, вантажопідйомність 700 кг, висоту підйому ножа 0,8 м, хід штока гідроциліндра 250 мм, масу блока 450 кг і кількість нижніх пальців 10 шт.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для удосконалення завантажувача силосу

Показник	Позначення	Прийняте значення
Місткість блок-різака	$V_б$	0,96 м³
Вантажопідйомність	$m_{доп}$	700 кг
Маса блок-різака	$m_к$	450 кг
Ширина робочої частини	b	1,53 м
Висота робочого зрізу	h	0,85 м
Глибина захоплення	l	0,98 м
Густина силосу	ρ	650 кг/м³
Кількість нижніх пальців	z	10 шт.
Робочий тиск гідросистеми	p	16 МПа
Хід штока гідроциліндра	s	250 мм

Наведені дані є достатніми для вибору раціонального варіанта удосконалення, визначення параметрів гідроприводу та перевірки основних елементів конструкції на міцність. Розрахунки виконано з використанням запасу за силою різання і динамічним коефіцієнтом, оскільки фактичний стан силосної маси у траншеї може змінюватися в широких межах.

3.2 Розробка варіантів удосконалення завантажувача силосу

Базовий завантажувач силосу, виконаний у вигляді ковшового захвату, має просту конструкцію і може відокремлювати порції силосу від загального масиву. Проте при роботі з ущільненою силосною масою такий робочий орган не завжди формує рівний фронт зрізу. Частина матеріалу вивергається, частина осипається, а ущільнений шар руйнується нерівномірно. Це погіршує санітарно-технологічний стан фронту траншеї та ускладнює точне дозування корму.

У процесі розробки розглянуто кілька варіантів удосконалення. Перший варіант передбачає встановлення лише додаткових бокових ножів на ковшову частину. Він є простим у виготовленні, але не усуває повністю проблему верхнього відривання силосу. Другий варіант полягає у встановленні гідравлічної притискної щелепи без розвиненої системи різальних елементів. Така схема поліпшує захоплення, однак не забезпечує чистого зрізу по всій висоті блока.

Третій варіант передбачає використання активного фрезерного робочого органа. Він може забезпечити рівномірне відділення матеріалу, але є складнішим, потребує окремого приводу, збільшує енерговитрати, вартість і вимоги до обслуговування. Для умов ферми середньої потужності та наявного завантажувача такий варіант є надмірно складним.

Оптимальним прийнято четвертий варіант – блок-різак силосу з нижніми пальцями, боковими ножами і рухомою верхньою ріжучою рамою, що приводиться двома гідроциліндрами. Такий принцип відповідає конструктивній ідеї сучасних силосних різаків-захватів, де верхній ніж відрізає порцію маси, бокові ножі формують межі блока, а нижні пальці утримують його під час транспортування.

Таблиця 3.2 – Порівняння варіантів удосконалення завантажувача силосу

Варіант	Суть рішення	Переваги	Недоліки	Висновок
1	Додавання бокових ножів до ковша	Просте виготовлення, невисока вартість	Не забезпечує повного верхнього зрізу	Може бути допоміжним рішенням
2	Гідравлічна притискна щелепа	Краще утримання порції силосу	Нерівний зріз, можливе розривання моноліту	Недостатня технологічна якість
3	Фрезерний активний орган	Рівномірне відділення матеріалу	Складний привід, більші енерговитрати, дорожче обслуговування	Доцільний для великих комплексів
4	Блок-різак із верхнім ножем і боковими лезами	Чистий зріз, утримання блока, менші втрати, сумісність з гідросистемою	Потребує гідроциліндрів і міцної рами	Прийнято як основний варіант

Прийнятий варіант конструкції складається з рами, нижнього ножа з пальцями, бокових стояків, рухомої верхньої ріжучої частини, шарнірів, пальців, кронштейнів і двох гідроциліндрів. Під час роботи нижні пальці входять у силосну масу, бокові ножі обмежують блок по ширині, а верхня ріжуча рама опускається та відокремлює порцію силосу від моноліту. Після цього блок утримується всередині робочого органа і може бути поданий до приймального бункера кормозмішувача.

На рис. 3.1 наведено гідравлічну схему, яка забезпечує переміщення робочих органів. Вона включає бак, насос, фільтр, розподільний пристрій, трубопроводи, гідроциліндри переміщення і гідроциліндри ріжучого блока. Схема дає змогу керувати підніманням, опусканням та робочим ходом ножа без встановлення окремого механічного приводу.

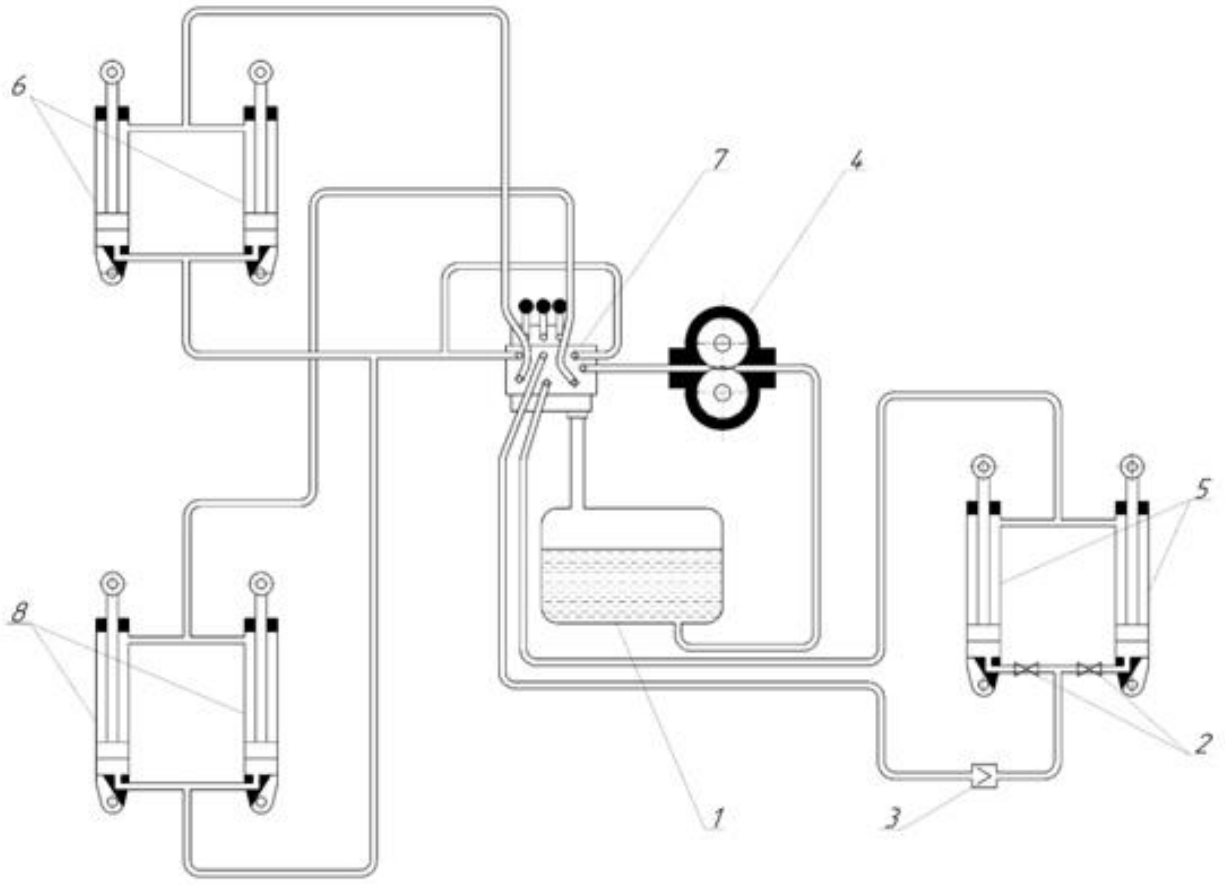


Рисунок 3.1 – Гідравлічна схема удосконаленого завантажувача силосу

Складальне креслення блок-різака наведено на рис. 3.2. Конструкція передбачає нижню опорну частину з пальцями, бічні стояки, шарнірні вузли та гідроциліндри приводу верхнього ножа. Наявність двох гідроциліндрів дозволяє

рівномірно розподілити навантаження по ширині робочого органа і зменшити перекіс ріжучої рами.

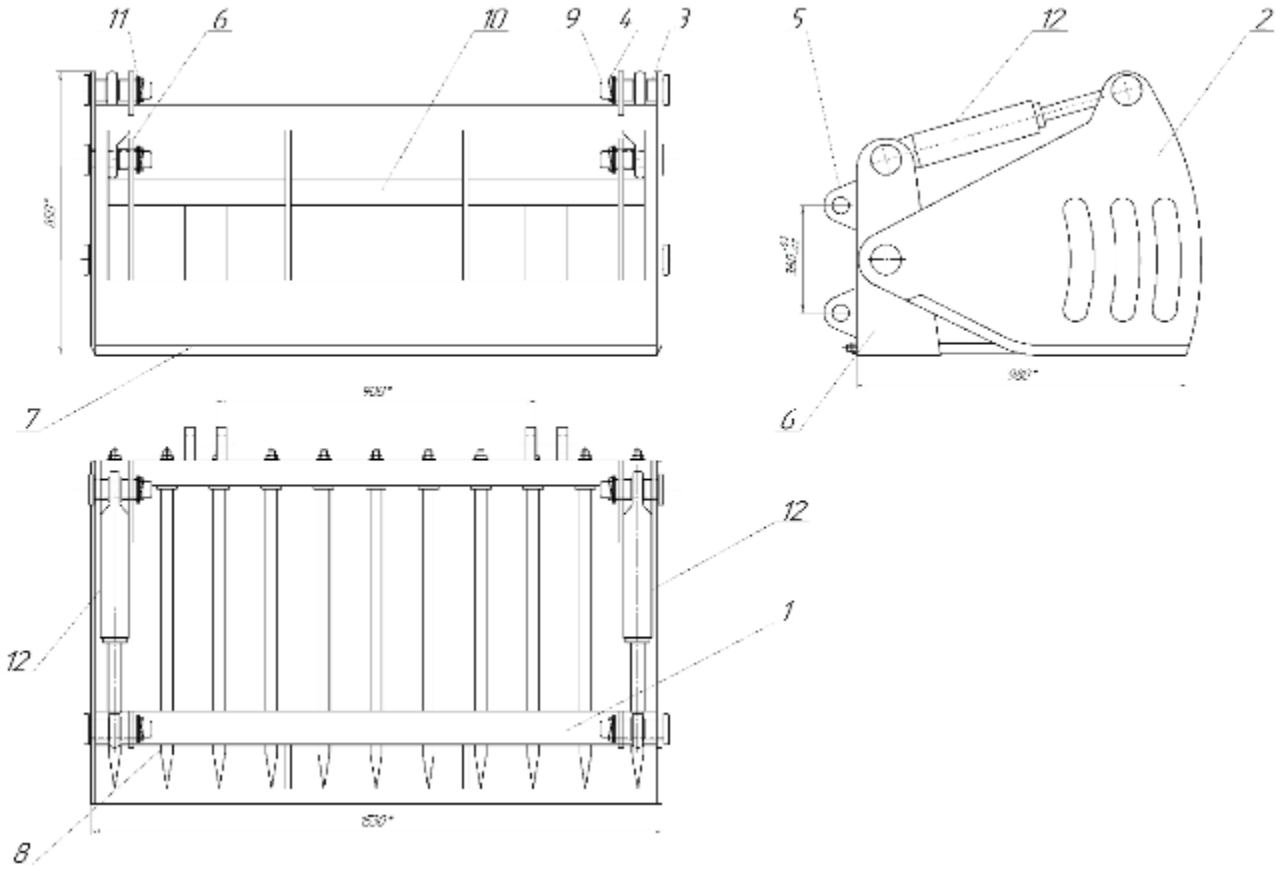


Рисунок 3.2 – Складальне креслення блок-різака силосу

До найбільш відповідальних елементів належать нижні пальці, бокові ножі, кронштейни, стояки та з’єднувальні пальці. Саме ці деталі сприймають навантаження від маси силосу і сил різання, тому для них виконано перевірні розрахунки.

Отже, прийняте удосконалення базується на заміні звичайного захоплювального ковша на блок-різак із гідравлічно керованим ножем. Це дозволяє забезпечити технологічно правильне відокремлення силосу, зберегти щільність фронту траншеї та зменшити кількість розсипаного матеріалу під час переміщення.

3.3 Розрахунки елементів конструкції

Розрахунок елементів конструкції виконано для перевірки відповідності прийнятих параметрів блок-різака умовам роботи на фермі. Спочатку визначено фактичну місткість і масу порції силосу, після чого проведено розрахунок гідроприводу та перевірку основних елементів на міцність.

Розрахункова місткість блока визначається за геометричними розмірами робочої частини з урахуванням коефіцієнта заповнення форми:

$$V_б = b \cdot h \cdot l \cdot k_ф \quad (3.1)$$

де $V_б$ – розрахункова місткість блока силосу, м³;

b – ширина робочої частини, м;

h – висота робочої частини, м;

l – глибина захоплення, м;

$k_ф$ – коефіцієнт форми і заповнення блока.

За прийнятих значень b = 1,53 м, h = 0,85 м, l = 0,98 м і kф = 0,75 розрахункова місткість становить близько 0,96 м³, що відповідає вихідній технічній характеристиці робочого органа.

Маса порції силосу визначається за залежністю:

$$m_б = \rho \cdot V_б \quad (3.2)$$

де $m_б$ – маса порції силосу у блок-різаку, кг;

ρ – середня густина силосу, кг/м³;

$V_б$ – місткість блока силосу, м³.

При ρ = 650 кг/м³ і Vб = 0,96 м³ маса порції становить 624 кг. Це менше за прийняту вантажопідйомність 700 кг, тому робочий орган має достатній запас за допустимою масою вантажу.

Таблиця 3.3 – Основні розрахункові параметри блок-різака

Показник	Позначення	Значення
Місткість блока	$V_б$	0,96 м³
Середня густина силосу	ρ	650 кг/м³
Маса порції силосу	$m_б$	624 кг
Допустима вантажопідйомність	$m_{доп}$	700 кг
Запас за масою	$m_{доп}$ / $m_б$	1,12

Зусилля різання силосної маси визначається за питомим опором різанню та сумарною довжиною активної ріжучої кромки:

$$F_р = q_р \cdot l_р \cdot k_з \quad (3.3)$$

де $F_р$ – розрахункове зусилля різання, Н;

$q_р$ – питомий опір різанню силосної маси, Н/м;

$l_р$ – сумарна довжина активної ріжучої кромки, м;

$k_з$ – коефіцієнт запасу за умовами роботи.

Для розрахунку прийнято qp = 8,5 кН/м, lp = 3,23 м і kз = 1,25. У цьому випадку розрахункове зусилля різання становить приблизно 34,3 кН. Таке значення враховує роботу верхнього ножа та бокових лез під час відокремлення блока силосу.

Зусилля, яке повинен створювати один гідроциліндр, визначається з урахуванням кількості циліндрів, механічного коефіцієнта корисної дії та передаточного відношення шарнірного механізму:

$$F_ц = \frac{F_р}{z_ц \cdot \eta_м \cdot i} \quad (3.4)$$

де $F_ц$ – потрібне зусилля одного гідроциліндра, Н;

$F_р$ – розрахункове зусилля різання, Н;

$z_ц$ – кількість гідроциліндрів приводу ножа;

$\eta_м$ – механічний коефіцієнт корисної дії шарнірного механізму;

і – передаточне відношення механізму.

При zц = 2, ηм = 0,85 і і = 0,90 потрібне зусилля одного гідроциліндра становить 22,4 кН. Це значення використано для вибору діаметра поршня та перевірки можливості роботи від тракторної гідросистеми.

Фактичне зусилля гідроциліндра під час робочого ходу визначається за площею поршня і робочим тиском:

$$F_{ц.ф} = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta_г \quad (3.5)$$

де $F_{ц.ф}$ – фактичне зусилля одного гідроциліндра, Н;

р – робочий тиск у гідросистемі, Па;

D – діаметр поршня гідроциліндра, м;

$\eta_г$ – гідравлічний коефіцієнт корисної дії.

Для гідроциліндра з діаметром поршня D = 50 мм при тиску р = 16 МПа і ηг = 0,90 фактичне зусилля становить 28,3 кН. Воно перевищує потрібне зусилля 22,4 кН, тому прийнятий діаметр поршня є достатнім.

Необхідна подача гідравлічної рідини для одночасної роботи двох циліндрів визначається за формулою:

$$Q_г = z_ц \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{s}{t} \cdot 60 \cdot 10^3 \quad (3.6)$$

де $Q_г$ – необхідна подача гідравлічної рідини, л/хв;

$z_ц$ – кількість гідроциліндрів;

D – діаметр поршня, м;

s – хід штока, м;

t – прийнята тривалість робочого ходу ножа, с.

За D = 0,05 м, s = 0,25 м, zц = 2 і t = 6 с необхідна подача становить приблизно 9,8 л/хв. Для надійної роботи прийнято насосну подачу не менше 12 л/хв, що є прийнятним для більшості тракторних гідросистем.

Потрібна гідравлічна потужність визначається за робочим тиском і подачею насоса:

$$N_г = \frac{p \cdot Q_г}{600 \cdot \eta_з} \quad (3.7)$$

де $N_г$ – потрібна гідравлічна потужність, кВт;

p – робочий тиск, МПа;

$Q_г$ – подача гідросистеми, л/хв;

$\eta_з$ – загальний коефіцієнт корисної дії гідроприводу.

При p = 16 МПа, Qг = 12 л/хв і ηз = 0,85 потрібна потужність становить 3,8 кВт. Це значення є невеликим порівняно з потужністю трактора, тому гідропривід не створює надмірного енергетичного навантаження.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку гідравлічної системи

Показник	Позначення	Значення	Оцінка
Розрахункове зусилля різання	$F_р$	34,3 кН	Прийнято з запасом
Потрібне зусилля одного циліндра	$F_ц$	22,4 кН	Розрахункова потреба
Фактичне зусилля одного циліндра	$F_{ц.ф}$	28,3 кН	Достатньо
Хід штока	s	250 мм	Відповідає кресленню
Потрібна подача рідини	$Q_г$	9,8 л/хв	Прийнято насос 12 л/хв
Потрібна гідравлічна потужність	$N_г$	3,8 кВт	Допустимо для трактора

Перевірка пальцевих з’єднань на зріз виконується за дотичними напруженнями. Для пальця, що працює у двозрізній схемі, напруження визначається за формулою:

$$\tau_{\text{п}} = \frac{F}{n \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \tag{3.8}$$

де $\tau_{\text{п}}$ – дотичне напруження у пальці, Па;

F – розрахункове навантаження на палець, Н;

n – кількість площин зрізу;

d – діаметр пальця, м.

Для пальця діаметром 30 мм при навантаженні 28,3 кН і двох площинах зрізу дотичне напруження становить близько 20 МПа. Це значення менше допустимого для сталі 45, тому пальцеве з’єднання має достатній запас міцності.

Нижні пальці блок-різака сприймають вагу порції силосу і працюють як консольні елементи. Напруження згину визначається за формулою:

$$\sigma_{\text{з}} = \frac{M}{W} \tag{3.9}$$

де $\sigma_{\text{з}}$ – нормальне напруження згину, Па;

M – згинальний момент у небезпечному перерізі, Н·м;

W – момент опору перерізу, м³.

При масі порції 700 кг, динамічному коефіцієнті 1,3, десяти нижніх пальцях і розрахунковій довжині навантаженої частини 0,85 м навантаження на один палець становить близько 0,89 кН, а згинальний момент – 0,76 кН·м. Для еквівалентного діаметра небезпечного перерізу 45 мм напруження згину становить приблизно 85 МПа, що є допустимим для прийнятого матеріалу.

Міцність зварного шва кронштейна гідроциліндра перевіряється за середнім дотичним напруженням:

$$\tau_{\text{ш}} = \frac{F}{0.7 \cdot a \cdot l_{\text{ш}}} \tag{3.10}$$

де $\tau_ш$ – дотичне напруження у зварному шві, Па;

F – розрахункове навантаження на кронштейн, Н;

а – катет зварного шва, м;

$l_ш$ – сумарна довжина робочого зварного шва, м.

Для навантаження 28,3 кН, катета шва 6 мм і сумарної довжини шва 0,24 м напруження становить близько 28 МПа. Це менше допустимого для конструкційних сталей при статично-змінному навантаженні, тому зварне з’єднання може бути прийняте без збільшення катета шва.

Таблиця 3.5 – Підсумки перевірки елементів конструкції на міцність

Елемент	Розрахунковий показник	Отримане значення	Допустиме значення	Висновок
Палець шарніра гідроциліндра	$\tau_п$	20 МПа	до 80 МПа	Міцність забезпечена
Нижній палець робочого органа	$\sigma_з$	85 МПа	до 160 МПа	Міцність забезпечена
Кронштейн гідроциліндра	$\tau_ш$	28 МПа	до 90 МПа	Міцність забезпечена
Гідроциліндр приводу ножа	$F_{ц.ф} / F_ц$	1,26	не менше 1,0	Зусилля достатнє
Гідросистема	$Q_г$	9,8 л/хв	прийнято 12 л/хв	Подача достатня

Виконані перевірки показують, що прийняті розміри гідроциліндрів, пальців, нижніх опорних елементів і зварних швів забезпечують працездатність удосконаленого блок-різака. Найбільш навантаженими є шарнірні вузли ріжучої рами та нижні пальці, тому під час виготовлення необхідно забезпечити якісну

термообробку різальних елементів, точність отворів під пальці та надійність зварних швів.

3.4 Робота удосконаленого завантажувача силосу

Перед початком роботи трактор із завантажувачем під'їжджає до фронту силосної траншеї. Блок-різак встановлюють так, щоб нижні пальці були спрямовані у нижню частину силосного моноліту, а бокові ножі розміщувалися по межах майбутнього блока. Оператор плавно вводить робочий орган у силосну масу, уникаючи різких ударних навантажень.

Після входження нижніх пальців у силос оператор вмикає гідророзподільник приводу ножа. Гідроциліндри переміщують верхню ріжучу раму вниз. Верхній ніж зрізає силос по вертикальній площині, а бокові леза обмежують блок з обох боків. У результаті формується порція силосу з чіткими межами, що утримується у порожнині блок-різака.

Після завершення різання блок піднімають завантажувачем і транспортують до причіпного фермського комбайна. Під час переміщення закрита форма робочого органа і нижні пальці зменшують випадання матеріалу. Над приймальним бункером оператор відкриває ріжучу раму або змінює положення блока, після чого силос вивантажується у змішувальну машину.

Перевагою запропонованої схеми є те, що фронт силосної траншеї після відбору залишається рівним і менш розрихленим. Це зменшує доступ повітря до маси, сприяє кращому збереженню корму і полегшує наступні цикли відбору. Крім того, стабільні розміри порції поліпшують дозування силосу під час завантаження фермського комбайна.

Під час експлуатації необхідно контролювати стан різальних кромок, шарнірів, пальців і гідравлічних рукавів. Затуплені ножі збільшують потрібне зусилля різання, викликають додаткові навантаження на гідроциліндри і можуть

погіршити якість зрізу. Тому ножі слід періодично оглядати, очищати від налиплої маси та, за потреби, відновлювати їхню гостроту.

Удосконалений завантажувач доцільно використовувати у складі лінії приготування кормів з причіпним фермським комбайном. У такій схемі він виконує операції виймання, відрізання, короткого транспортування і завантаження силосу. Це скорочує кількість ручних операцій, підвищує ритмічність роботи лінії та створює умови для точнішого формування повнораціонної кормосуміші.

3.5 Висновки

У розділі розглянуто вихідні умови роботи завантажувача силосу і встановлено, що основними вимогами до процесу відбору силосу є формування рівного зрізу, збереження ущільнення фронту траншеї, мінімізація втрат корму та забезпечення стабільної подачі матеріалу до кормозмішувача.

Проаналізовано кілька варіантів удосконалення робочого органа. Оптимальним прийнято блок-різак із нижніми пальцями, боковими ножами та рухомою верхньою ріжучою рамою, яка приводиться двома гідроциліндрами. Така схема поєднує функції відокремлення, захоплення, утримання і переміщення силосної маси.

Виконано розрахунок місткості робочого органа і маси порції силосу. За прийнятих параметрів місткість блока становить 0,96 м³, а маса порції силосу – близько 624 кг, що не перевищує допустиму вантажопідйомність 700 кг.

Розрахунок гідравлічної системи показав, що для приводу ріжучої рами достатньо двох гідроциліндрів із діаметром поршня 50 мм і ходом штока 250 мм при робочому тиску 16 МПа. Необхідна подача гідравлічної рідини становить близько 9,8 л/хв, а потрібна гідравлічна потужність – близько 3,8 кВт.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги охорони праці при приготуванні кормів

Приготування кормів на фермі великої рогатої худоби належить до технологічних процесів, у яких одночасно діють механічні, транспортні, санітарно-гігієнічні та організаційні фактори небезпеки. Операції виймання силосу, його завантаження, змішування компонентів, транспортування кормосуміші та роздавання тваринам виконуються із застосуванням тракторів, завантажувачів, причіпних фермських комбайнів, гідравлічних систем і рухомих робочих органів. Тому охорона праці у цій лінії повинна розглядатися як складова технологічного процесу, а не як окремий допоміжний захід.

Організація безпечної роботи має базуватися на вимогах Закону України «Про охорону праці», Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві, вимогах безпеки під час вантажно-розвантажувальних робіт, а також на локальних інструкціях підприємства [1–4]. Роботодавець повинен забезпечити справний технічний стан машин, навчання і перевірку знань працівників, проведення інструктажів, видачу засобів індивідуального захисту, контроль за дотриманням технологічної дисципліни та своєчасне усунення виявлених небезпечних умов.

До виконання робіт із приготування кормів допускають працівників, які пройшли вступний і первинний інструктажі з охорони праці, навчання безпечним прийомам роботи, перевірку знань, стажування на робочому місці та не мають медичних протипоказань до виконання відповідних операцій. Оператор завантажувача, тракторист-машиніст і працівники, які обслуговують змішувально-роздавальну машину, повинні знати будову агрегатів, правила запуску і зупинки, сигнали взаємодії, межі небезпечних зон і порядок дій у разі аварійної ситуації.

Особливої уваги потребує робота в зоні силосної траншеї. Фронт силосної маси може бути нестійким, а його обвалення створює небезпеку травмування працівників і пошкодження техніки. Тому забороняється перебування людей біля вертикального зрізу силосу, під піднятим робочим органом, між завантажувачем і приймальним бункером, а також у зоні маневрування трактора. Робота повинна виконуватися за достатньої видимості, на рівному майданчику, без сторонніх осіб і тварин у зоні руху агрегату.

Під час приготування кормів можливі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов’язані з рухом машин, дією робочих органів, гідравлічним тиском, шумом, вібрацією, пилом, біологічними домішками у кормовій масі, слизькими поверхнями, низькою температурою в холодний період року та обмеженою оглядовістю. Санітарно-гігієнічні умови на робочих місцях повинні підтримуватися з урахуванням параметрів мікроклімату, запиленості, вологості та провітрювання виробничих приміщень [20]. Під час роботи у холодний період року працівники повинні використовувати утеплений спецодяг, а під час роботи з сухими або пліснявими компонентами – засоби захисту органів дихання. Не допускається застосування кормової сировини з вираженими ознаками псування, оскільки це створює ризики як для тварин, так і для персоналу, який контактує з кормовою масою.

Робочий майданчик біля кормосховища і місця завантаження повинен бути очищений від сторонніх предметів, залишків корму, льоду, гною та інших матеріалів, які можуть спричинити ковзання або заважати маневруванню техніки. Під’їзні шляхи повинні мати достатню ширину для безпечного розвороту агрегату, а місця перетину маршрутів руху машин і проходів працівників необхідно позначати попереджувальними знаками.

Засоби індивідуального захисту для працівників лінії приготування кормів включають спецодяг, захисне взуття з нековзною підошвою, рукавиці, засоби захисту очей під час очищення робочих органів, а також засоби захисту органів

дихання у разі підвищеної запиленості. Працівник повинен користуватися виданими засобами захисту протягом усього часу виконання робіт і не допускати роботи у вільному одязі, який може бути захоплений рухомими частинами машин.



Рисунок 4.1 – Схема небезпечних зон під час роботи із завантажувачем силосу

Наведена схема показує, що найбільш небезпечними є зона дії ріжучого органа, зона маневрування трактора із завантажувачем, а також зона елементів гідроприводу. Організаційним заходом безпеки є встановлення чіткої заборони на перебування працівників біля робочого органа під час його піднімання, опускання або врізання у силосну масу.

Пожежна безпека під час приготування кормів забезпечується справністю електрообладнання, недопущенням витікання палива й мастильних матеріалів,

очищенням машин від налиплого корму та пилу, наявністю первинних засобів пожежогасіння і забороною паління у невстановлених місцях. Особливо небезпечними є місця зберігання сухих кормів, соломи, сіна, пакувальних матеріалів, а також зона стоянки тракторів і кормороздавачів.

Контроль стану охорони праці доцільно виконувати не епізодично, а за встановленою картою контролю, яка охоплює технічний стан машин, санітарний стан майданчиків, наявність ЗІЗ, справність гідросистеми, стан робочих органів і дотримання працівниками безпечних прийомів роботи.

4.2 Вимоги безпеки праці при роботі з завантажувачем силосу

Завантажувач силосу є навісним або агрегатованим робочим обладнанням, яке поєднує функції відокремлення силосної маси від моноліту, захоплення, піднімання та вивантаження. Основними джерелами небезпеки при його роботі є маса піднятого робочого органа, ріжучі ножі та зубці, шарнірні з’єднання, гідроциліндри, рукави високого тиску, а також рух трактора у стиснених умовах кормосховища.

Перед початком роботи оператор повинен оглянути завантажувач, трактор і місце виконання робіт. Перевіряють надійність кріплення навісного обладнання, справність пальців і стопорних елементів, відсутність тріщин у рамі та кронштейнах, стан ножів і зубців, герметичність гідравлічних рукавів, справність гідророзподільника, гідроциліндрів і запірних пристроїв. Особливу увагу звертають на вузли, що працюють на згин і зріз, оскільки їх пошкодження може спричинити раптове падіння або перекіс робочого органа.

До початку завантаження оператор повинен переконатися, що приймальний бункер фермського комбайна або іншої машини розміщений стійко, а між ним і завантажувачем немає людей. Подача сигналу перед початком руху є обов’язковою. За недостатньої оглядовості допускається використання

сигнальника, однак він повинен перебувати поза зоною дії робочого органа і бути постійно видимим для оператора.

Під час відокремлення силосу робочий орган слід підводити до фронту траншеї плавно, без ривків і ударних навантажень. Забороняється виконувати підкопування силосу знизу, залишати нависаючі маси, різко вдаряти ножем або ковшем по моноліту, працювати на надмірному ухилі чи біля краю траншеї без оцінки стійкості ґрунту. Відбір маси повинен виконуватися зверху вниз або рівними шарами, що зменшує ймовірність обвалення фронту силосу.

Під час піднімання та перенесення порції силосу робочий орган необхідно утримувати на мінімальній висоті, достатній для безпечного переміщення. Рух із піднятим навантаженим органом підвищує ризик перекидання агрегату, тому маневрування виконують повільно, без різкого гальмування і поворотів. Забороняється перевозити людей на завантажувачі, ковші, рамі або інших елементах машини.

Очищення ножів, зубців, шарнірів, робочої поверхні ковша чи різального блока допускається лише після повної зупинки машини, опускання робочого органа на землю або на надійну опору, вимкнення двигуна і розвантаження гідросистеми. Не допускається очищення руками під час роботи двигуна або при піднятому робочому органі. Для очищення слід застосовувати скребки, щітки або інший інструмент.

Гідравлічна система завантажувача повинна обслуговуватися з урахуванням небезпеки високого тиску. Не можна перевіряти витікання оливи рукою, оскільки тонкий струмінь під тиском може проникнути під шкіру і спричинити тяжке ушкодження. Пошкоджені рукави, зношені ущільнення, деформовані штуцери і несправні гідроциліндри підлягають негайній заміні. Під час ремонту гідросистема повинна бути розвантажена, а робочий орган – зафіксований.

При виникненні стороннього шуму, вібрації, перекосу робочого органа, втрати керованості, розриву рукава, витікання оливи або виявлення тріщини у несучих елементах роботу необхідно негайно припинити. Агрегат зупиняють у безпечному місці, робочий орган опускають, двигун вимикають, після чого повідомляють відповідального працівника. Відновлення роботи допускається тільки після усунення несправності і контрольного огляду.

Після завершення роботи завантажувач очищують від залишків корму, встановлюють у транспортне або стоянкове положення, опускають робочий орган, розвантажують гідросистему, зупиняють двигун і проводять зовнішній огляд. Забороняється залишати машину з піднятим ножем або ковшем, а також залишати ключ у замку запалювання, якщо біля техніки можуть перебувати сторонні особи.

Запропоноване удосконалення завантажувача силосу, яке передбачає використання ріжучого блока та гідравлічного приводу, підвищує технологічну якість відбору корму, але водночас вимагає більш суворого контролю безпеки. До конструктивних заходів безпеки належать надійне кріплення ножів, застосування стопорних елементів у шарнірах, захист гідравлічних рукавів від перегину і стирання, збереження достатнього огляду з місця оператора, а також можливість швидкого опускання робочого органа в аварійній ситуації.

До організаційних заходів належать розробка інструкції з охорони праці для оператора, визначення відповідального за безпечну експлуатацію завантажувача, позначення небезпечних зон, встановлення порядку взаємодії між оператором завантажувача і оператором фермського комбайна, а також регулярний контроль технічного стану гідроприводу. Усі працівники повинні бути ознайомлені з правилами безпечного виконання операцій під підпис.

Таким чином, безпечна експлуатація завантажувача силосу забезпечується поєднанням справного технічного стану машини, правильної організації робочого місця, дотримання оператором технологічної послідовності та

своєчасного контролю небезпечних факторів. Найважливішими умовами є недопущення людей у зону дії робочого органа, заборона роботи під піднятим обладнанням і обов’язкове розвантаження гідросистеми перед обслуговуванням.

4.3 Висновки

У розділі визначено основні вимоги охорони праці при виконанні технологічного процесу приготування кормів на фермі ВРХ. Встановлено, що найбільш небезпечними операціями є виймання силосу з траншеї, робота завантажувача з піднятим робочим органом, вивантаження маси у приймальний бункер фермського комбайна та технічне обслуговування гідравлічної системи.

Проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть діяти на працівників під час приготування кормів: рух машин, дія ножів і зубців, високий тиск у гідросистемі, нестійкість фронту силосу, шум, вібрація, запиленість і слизькі поверхні. Для кожного фактора запропоновано профілактичні заходи, спрямовані на зниження ризику травмування.

Розроблено вимоги безпечної роботи із завантажувачем силосу, які охоплюють підготовку до роботи, під’їзд до траншеї, відокремлення силосу, піднімання і перенесення кормової маси, вивантаження у фермський комбайн, очищення, технічне обслуговування та дії у разі аварійної ситуації.

Запропонована карта контролю показників безпеки дозволяє систематизувати щоденний і періодичний контроль робочого майданчика, стану завантажувача, гідросистеми, засобів індивідуального захисту та організаційних заходів. Виконання цих вимог створює умови для безпечної експлуатації удосконаленого завантажувача силосу і стабільної роботи лінії приготування кормів.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Техніко-економічну оцінку виконано для визначення доцільності впровадження удосконаленого завантажувача силосу у технологічний процес приготування кормів на фермі великої рогатої худоби. Порівняння проведено між базовим варіантом виконання операції виймання та завантаження силосу і удосконаленим варіантом, у якому використовується завантажувач із блоком-різаком та гідравлічним приводом робочого органа. [10].

Оцінювання виконано за основними складовими експлуатаційних витрат: витрати на паливо, оплату праці, технічне обслуговування і ремонт, амортизацію додаткових конструктивних елементів, а також втрати корму внаслідок нерівномірного відбору силосу. Хід розрахунків і формули у розділі не наводяться; подано прийняті вихідні дані та узагальнені результати.

5.1 Вихідні дані

Вихідні дані сформовано з урахуванням параметрів ферми, добової потреби у кормосуміші та технічних характеристик завантажувача силосу. Вартісні показники прийнято як проєктні для порівняльної оцінки двох варіантів організації процесу.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічної оцінки

№ з/п	Показник	Значення
1	Об’єкт оцінювання	Технологічний процес виймання та завантаження силосу
2	Поголів’я ферми	600 корів зі шлейфом
3	Добова потреба у кормосуміші	35,3 т/добу
4	Річна потреба у кормосуміші	12884,5 т/рік
5	Частка силосу у кормосуміші	45 %

6	Річний обсяг силосу для завантаження	5798,0 т/рік
7	Базовий варіант	Наявний навантажувач без спеціалізованого блоку-різака
8	Удосконалений варіант	Завантажувач із ножем-захватом та гідравлічним приводом
9	Продуктивність базового завантаження	18,0 т/год
10	Продуктивність удосконаленого завантаження	25,5 т/год
11	Питома витрата палива базового варіанта	8,4 л/год
12	Питома витрата палива удосконаленого варіанта	7,6 л/год
13	Ціна дизельного палива	58 грн/л
14	Оплата праці з нарахуваннями	145 грн/год
15	Вартість силосу	1800 грн/т
16	Втрати силосу у базовому варіанті	3,0 %
17	Втрати силосу в удосконаленому варіанті	1,2 %
18	Інвестиції у впровадження удосконалення	135,0 тис. грн

Наведені вихідні дані дозволяють порівняти варіанти не лише за прямими витратами, а й за технологічним ефектом від зменшення втрат силосу. Для ферми на 600 корів цей фактор має суттєве значення, оскільки навіть незначне зниження втрат основного об’ємного корму дає помітний річний економічний результат.

5.2 Результати розрахунків

Результати техніко-економічної оцінки подано у зведеній таблиці. У ній наведено річні показники для базового і удосконаленого варіантів, а також очікувану зміну витрат після впровадження модернізації.

Таблиця 5.2 – Результати техніко-економічної оцінки удосконалення

№ з/п	Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант
1	Річний обсяг завантаження силосу, т	5798,0	5798,0
2	Річна тривалість роботи завантажувача, год	322,1	227,4
3	Витрати на дизельне паливо, тис. грн/рік	156,9	100,2
4	Витрати на оплату праці, тис. грн/рік	46,7	33,0
5	Втрати силосу у вартісному вираженні, тис. грн/рік	313,1	125,2
6	Витрати на технічне обслуговування і ремонт, тис. грн/рік	17,0	31,0
7	Амортизаційні відрахування за додатковим обладнанням, тис. грн/рік	0,0	27,0
8	Сумарні річні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	533,7	316,4
9	Річний економічний ефект, тис. грн/рік	–	217,3
10	Капітальні вкладення у впровадження, тис. грн	–	135,0
11	Орієнтовний строк окупності, року	–	0,62

За результатами оцінки найбільша частка економічного ефекту формується за рахунок зниження втрат силосу під час виймання з траншеї. Додатковий позитивний результат забезпечується скороченням тривалості роботи агрегату, що зменшує витрати палива та оплату праці оператора.

Удосконалений варіант потребує додаткових витрат на технічне обслуговування, ремонт і амортизацію, оскільки конструкція містить гідравлічні

циліндри, шарнірні з’єднання, ножовий блок та елементи кріплення. Проте ці додаткові витрати повністю компенсуються зменшенням втрат корму і підвищенням продуктивності технологічної операції. [11].

Орієнтовний строк окупності становить 0,62 року. Це свідчить про економічну доцільність упровадження удосконаленого завантажувача силосу на фермі ВРХ, оскільки капітальні вкладення повертаються протягом першого року експлуатації.

5.5 Висновки

У розділі виконано техніко-економічну оцінку впровадження удосконаленого завантажувача силосу у технологічний процес приготування кормів на фермі великої рогатої худоби. Порівняння проведено за експлуатаційними витратами базового та модернізованого варіантів без наведення ходу розрахунків.

Встановлено, що застосування завантажувача з блоком-різаком і гідравлічним приводом дає змогу підвищити продуктивність операції виймання та завантаження силосу, скоротити тривалість роботи агрегату, зменшити витрати палива і втрати корму. Сумарні річні експлуатаційні витрати знижуються з 533,5 до 316,3 тис. грн, а очікуваний річний економічний ефект становить 217,2 тис. грн.

За прийнятих вихідних даних інвестиції у впровадження удосконалення становлять 135,0 тис. грн, а строк окупності – близько 0,62 року. Отже, модернізація завантажувача силосу є технічно та економічно обґрунтованою і може бути рекомендована для впровадження у технологічній лінії приготування кормів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У дипломному проєкті розглянуто питання модернізації технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби з удосконаленням завантажувача силосу. Встановлено, що процес приготування кормів є однією з найбільш відповідальних ланок виробництва, оскільки від якості відбору, дозування, змішування та роздавання кормів залежить повноцінність годівлі тварин, стабільність споживання корму та продуктивність стада.

2. За результатами аналізу існуючих технологій приготування кормів обґрунтовано доцільність використання повнораціонної кормосуміші TMR для ферми ВРХ на 600 корів зі шлейфом. Така технологія дозволяє забезпечити рівномірне змішування об’ємних, концентрованих і мінеральних компонентів, зменшити вибіркове поїдання корму та організувати годівлю за технологічними групами тварин.

3. Розроблено технологічний процес приготування кормів, який передбачає виймання силосу з траншеї мобільним завантажувачем, подачу кормових компонентів у причіпний фермський комбайн, їх змішування, транспортування і роздавання по кормовому столу. Добова потреба ферми у кормосуміші з урахуванням технологічного запасу становить 35,3 т, а потрібна годинна продуктивність лінії - 9,71 т/год. Для забезпечення процесу прийнято один мобільний завантажувач силосу, один причіпний фермський комбайн, трактор відповідного тягового класу та комплект вагового контролю.

4. Запропоновано удосконалення завантажувача силосу шляхом використання блок-різака з нижніми пальцями, боковими ножами, рухомою верхньою ріжучою рамою та гідравлічним приводом. Таке конструктивне рішення забезпечує більш рівний зріз силосного моноліту, зменшує розпушування і втрати корму, покращує збереженість відкритого фронту траншеї та стабілізує подачу силосу до змішувальної машини.

5. Виконано розрахунки основних елементів конструкції удосконаленого завантажувача. Встановлено, що місткість робочого блока становить близько 0,96 м³, а розрахункова продуктивність завантажувача - близько 25,5 т/год. Це перевищує потрібну годинну продуктивність технологічної лінії та створює необхідний резерв для роботи в реальних умовах експлуатації.

6. У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі фактори під час приготування кормів і роботи із завантажувачем силосу. До них належать рух машин, дія ріжучих органів, високий тиск у гідросистемі, нестійкість фронту силосної траншеї, шум, вібрація та ризик травмування під час очищення або технічного обслуговування. Запропоновані вимоги безпеки, карта контролю показників безпеки та схема небезпечних зон дозволяють підвищити рівень безпечної експлуатації обладнання.

7. Проведена техніко-економічна оцінка показала доцільність впровадження удосконаленого завантажувача силосу. Удосконалений варіант дозволяє скоротити тривалість завантаження, зменшити витрати палива, оплату праці та втрати силосу. Річний економічний ефект становить 217,3 тис. грн, а строк окупності додаткових інвестицій - близько 0,62 року.

8. Отже, модернізація технологічного процесу приготування кормів із застосуванням удосконаленого завантажувача силосу є технічно обґрунтованою, економічно доцільною та практично придатною для впровадження на фермах великої рогатої худоби. Запропоноване рішення забезпечує підвищення продуктивності процесу, покращення якості відбору силосу, зниження втрат корму та поліпшення умов праці оператора.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Penn State Extension. (2023). Total mixed rations for dairy cows. https://extension.psu.edu/total-mixed-rations-for-dairy-cows

2. Penn State Extension. (2023). Component feeding systems. https://extension.psu.edu/component-feeding-systems

3. Schingoethe, D. J. (2017). A 100-year review: Total mixed ration feeding of dairy cows. Journal of Dairy Science, 100(12), 10143–10150.

4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). Silage making for smallholders. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca9937en

5. Central Baltic Programme. (2023). Sustainable silage: Practical manual for silage management. https://centralbaltic.eu/wp-content/uploads/2023/05/Silage-management-manual-in-English.pdf

6. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). Nutrient requirements of dairy cattle: Eighth revised edition. The National Academies Press.

7. Arzola-Álvarez, C., et al. (2010). Particle size distribution and chemical composition of total mixed rations. Journal of Dairy Science, 93(12), 5911–5918.

8. Khazimov, K., et al. (2024). Silage harvesting for small farms by using vacuum sealing. Journal of Water and Land Development, 60, 153–160.

9. Гевко, Р. Б., Рогатинський, Р. М., & Брухаль, Г. В. (2017). Машини та обладнання для тваринництва. ТНТУ.

10. Бойко, І. Г., & Ревенко, І. І. (2018). Машини і обладнання для тваринництва. Аграрна освіта.

11. PACK-TRADE. (n.d.). Різак для силосу, ніж / захват - A.TOM 2,0 м³. https://pack-trade.com/uk/nproduct/nozh_zahvat_dlya_silosa_2_0_m_a_tom-_/

12. Гевко, Р. Б., Рогатинський, Р. М., & Паньків, В. Р. (2016). Розрахунок і конструювання машин для тваринництва. ТНТУ.

13. International Organization for Standardization. (2010). ISO 4413:2010: Hydraulic fluid power - General rules and safety requirements for systems and their components.

14. ДСТУ 7809:2015. Сталь конструкційна вуглецева та легована. Загальні технічні умови.

15. ДСТУ EN ISO 5817:2016. Зварювання. Зварні з’єднання сталі, нікелю, титану та їх сплавів. Рівні якості залежно від дефектів.

16. Верховна Рада України. (1992). Про охорону праці: Закон України № 2694-XII. https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12

17. Міністерство соціальної політики України. (2018). Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві: Наказ № 1240. https://zakon.rada.gov.ua/go/z1090-18

18. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. (2015). Про затвердження Правил охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт: Наказ № 21. https://zakon.rada.gov.ua/go/z0124-15

19. Держнаглядохоронпраці України. (2005). Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці: Наказ № 15. https://zakon.rada.gov.ua/go/z0231-05

20. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. https://zakon.rada.gov.ua/go/va042282-99

ДОДАТКИ

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

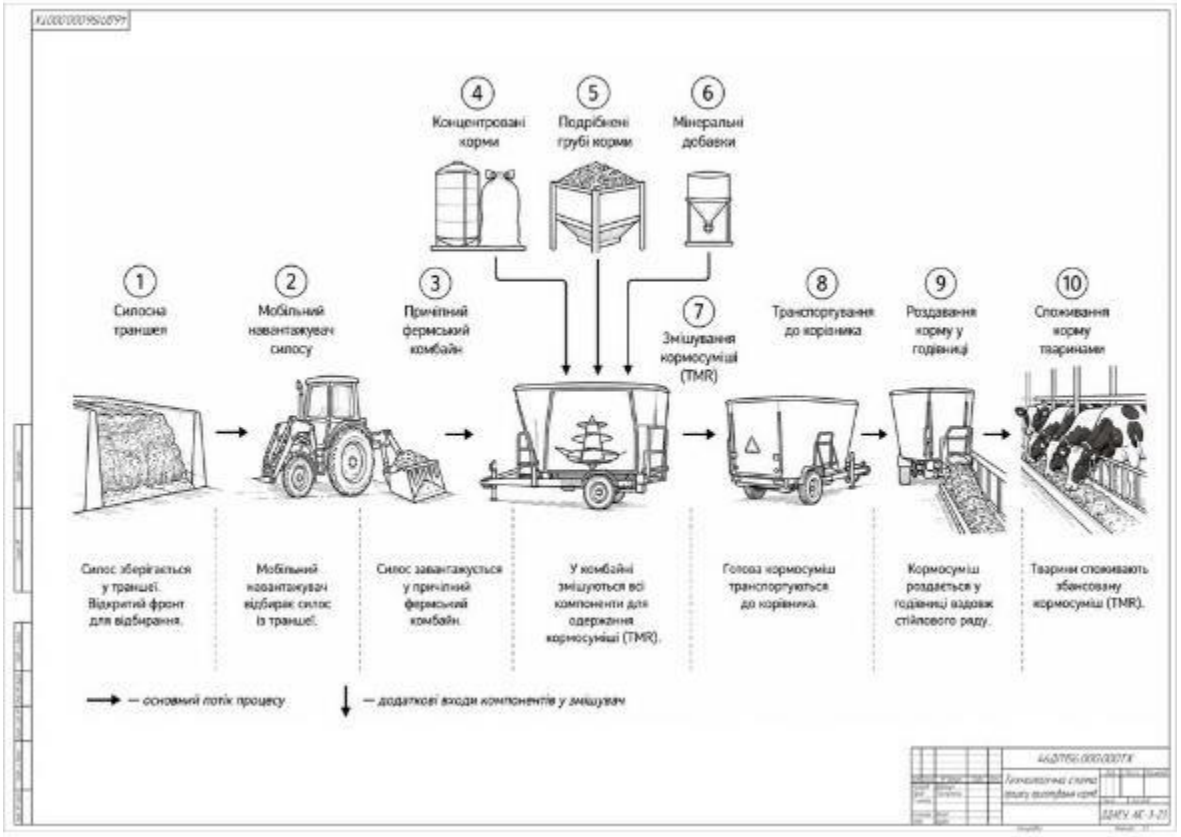
Модернізація технологічного процесу приготування кормів на фермі великої рогатої худоби з удосконаленням навантажувача силосу

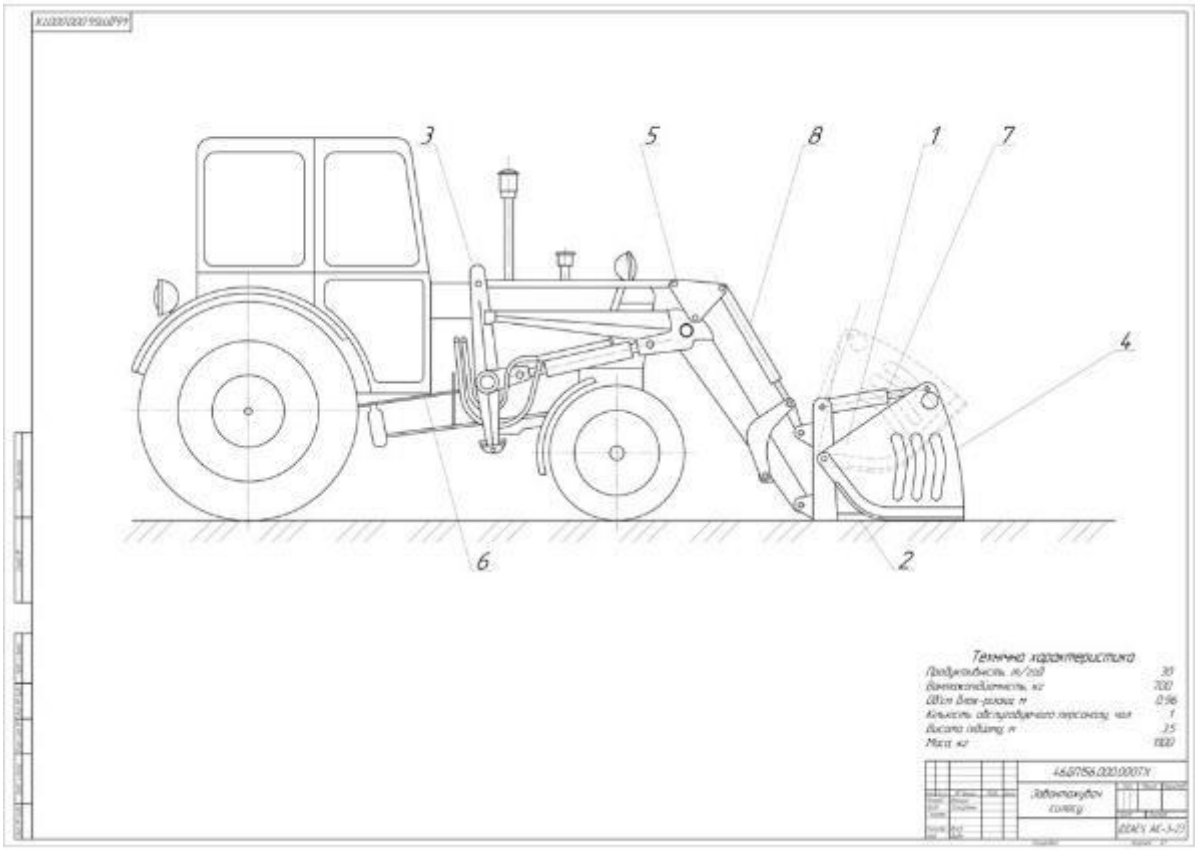
демонстраційний матеріал до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»

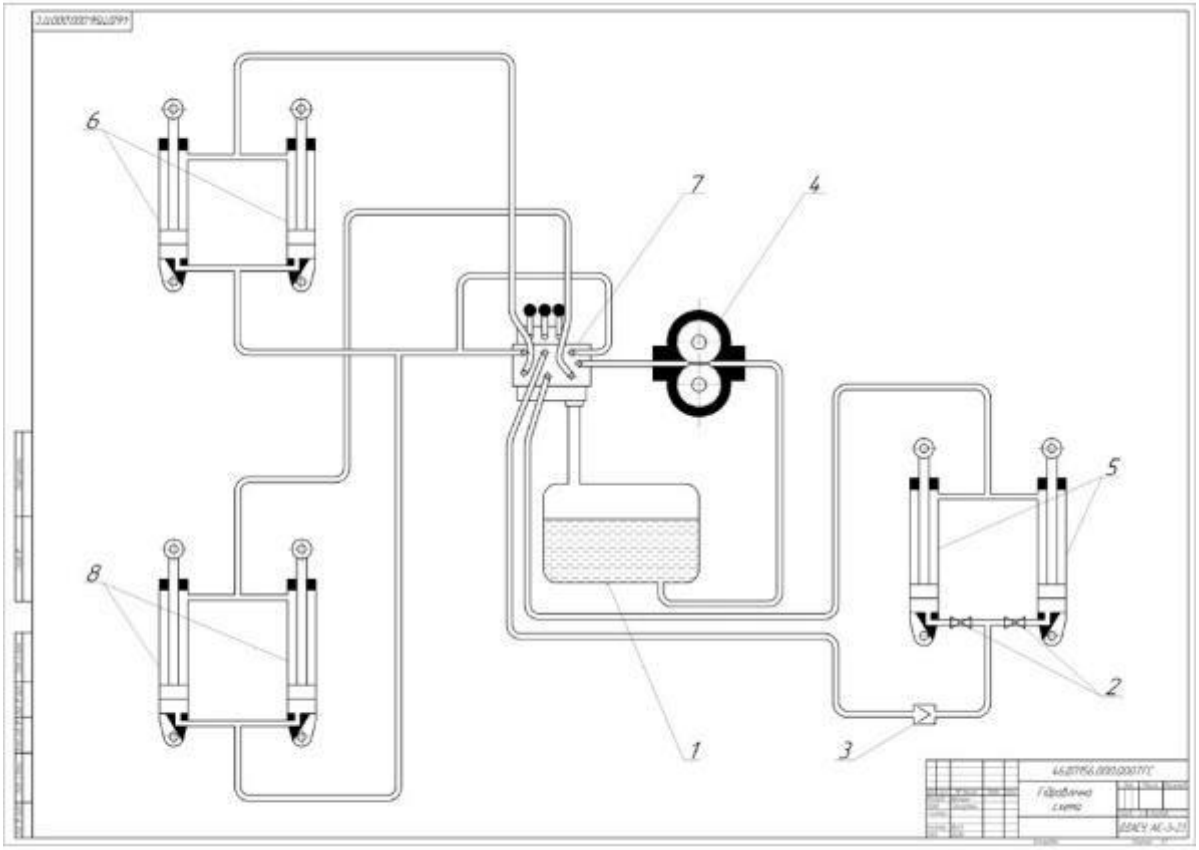
Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-3-23
Шершун Юрій Миколайович

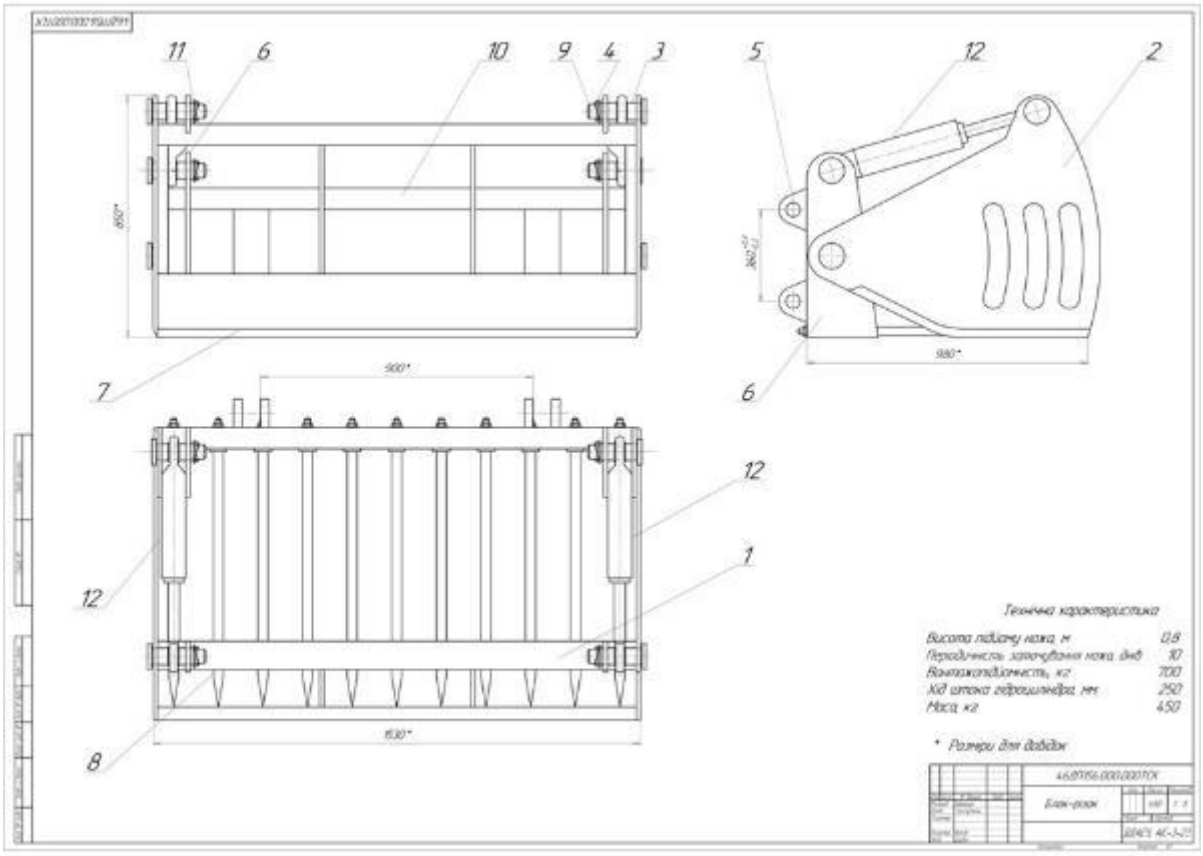
Керівник: к.т.н., доцент
Трипутень Микола Мусійович

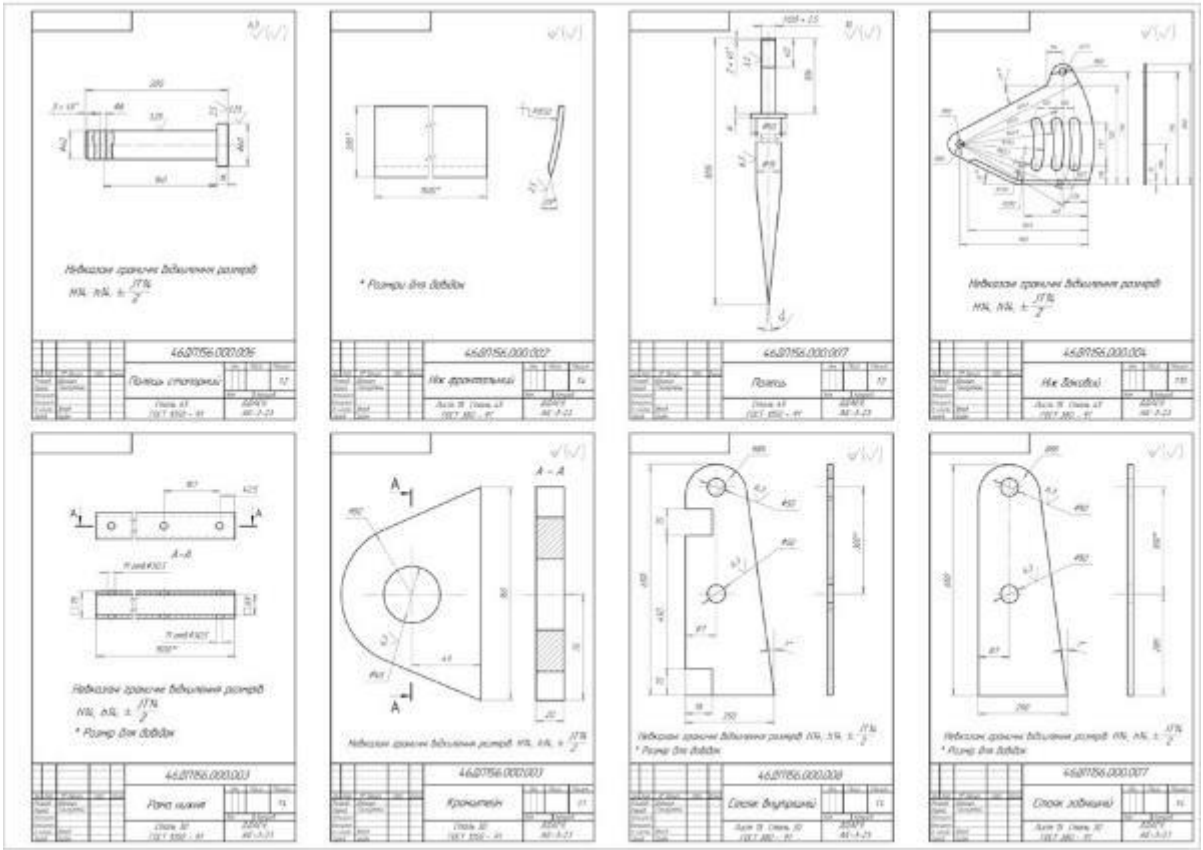
Дніпро-2026

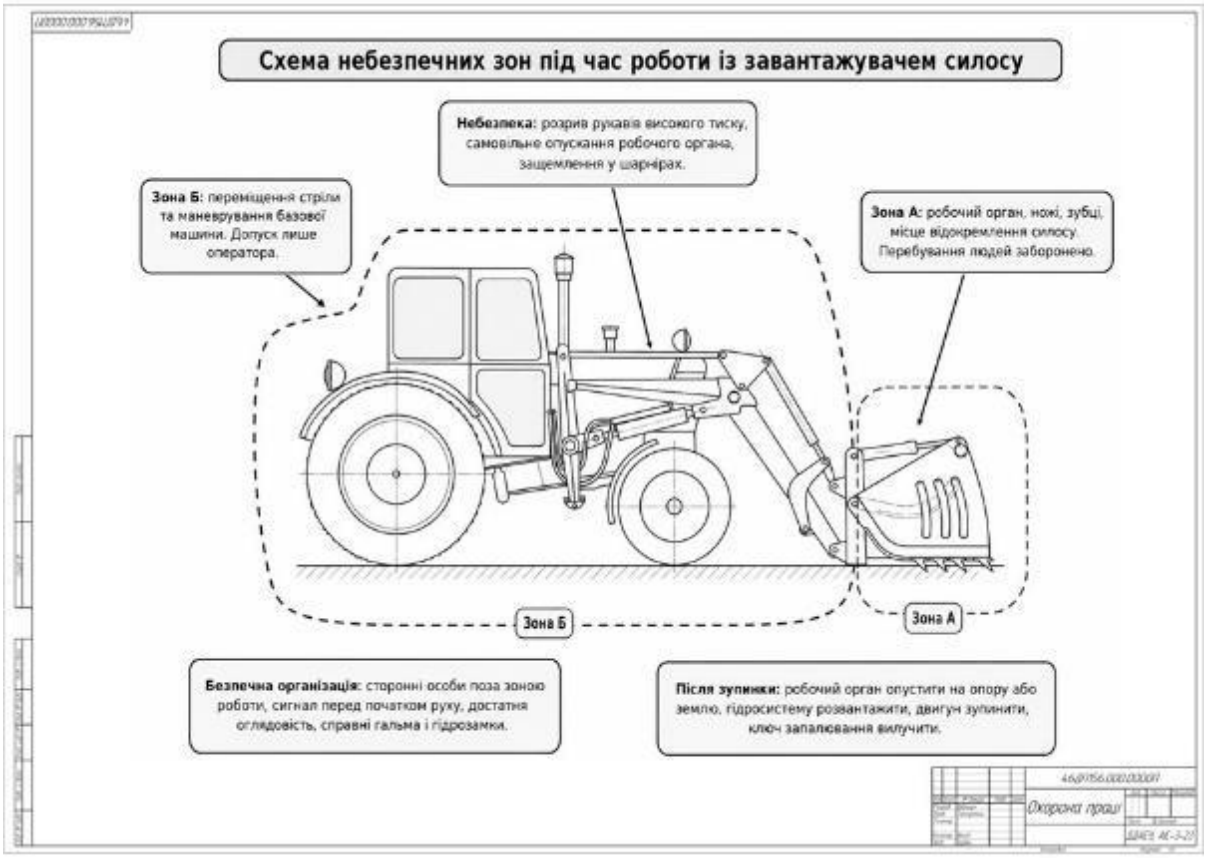



3
5
8
1
7
4
6
2
Технічна характеристика
Продуктивність, т/год 30
Вантажопідйомність, кг 700
Об'єм ківш-ланцюг, т 0,96
Кількість обслуговуючого персоналу, чол 1
Висота підйому, т 3,5
Маса, кг 1800
46.0756.000.000ТУ
Навантажувач
сипучі
ДДАУ АС-3-21


6
7
4
5
8
2
1
3
46.0756.000.000ТУ
Навантажувач
сипучі
ДДАУ АС-3-21


11
6
10
9
4
3
5
12
2
7
12
1
12
8
900*
980*
1530*
Технічна характеристика
Висота підйому ножа, м 0,8
Продуктивність заточування ножа, дн/г 10
Вантажопідйомність, кг 700
Хід штока гідроциліндра, мм 250
Маса, кг 450
* Розміри для довідок
Блок-розок


Невказані граничні відхилення розмірів
* Розміри для довідок
Палець стопорний
Ніж дроблячий
Ніж бокобій
Палець
Рама ножа
Кронштейн
Сектор (вилушка)
Сектор (обмежник)



№ з/п	Показник	Базовий варіант	Удосконалений варіант
1	Річний обсяг завантаження силосу, т	5798,0	5798,0
2	Річна тривалість роботи завантажувача, год	322,1	227,4
3	Витрати на дизельне паливо, тис. грн/рік	156,9	100,2
4	Витрати на оплату праці, тис. грн/рік	46,7	33,0
5	Втрати силосу у вартісному вираженні, тис. грн/рік	313,1	125,2
6	Витрати на технічне обслуговування і ремонт, тис. грн/рік	17,0	31,0
7	Амортизаційні відрахування за додатковим обладнанням, тис. грн/рік	0,0	27,0
8	Сумарні річні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	533,7	316,4
9	Річний економічний ефект, тис. грн/рік	-	217,3
10	Капітальні вкладення у впровадження, тис. грн	-	135,0
11	Орієнтовний строк окупності, року	-	0,62