

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
охорони праці та біотехнічних
систем в тваринництві
_____ Хмельовський В.С.

“ ____ ” _____ 2025 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

на тему _____ «МЕХАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАБОРУ СИЛОСУ
З СИЛОСНИХ ЯМ» _____

Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми

К.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Сівак І.М.
(ПІБ)

Керівник дипломного проєкту бакалавра

_____ Д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

_____ Хмельовський В.С.
(ПІБ)

Виконав _____

(підпис)

_____ Ткачук Олександр Олександрович
(ПІБ студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОПБСТ

д.т.н., проф. _____ Хмельовський В.С.
(підпис) (ПІБ)

“ ___ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту

Ткачуку Олександрю Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність _____ 208 Агроінженерія
(код і назва)

Тема дипломного проєкту бакалавра Механізація процесу забору силосу з
силосних ям.

затверджена наказом ректора НУБіП України від “26” 11. 2024 р. № 2098 «С»

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру _____ 2025.05.10
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра

Загальна характеристика господарства. Характеристика тваринництва. Довідкові
дані про машини та обладнання. Структура тваринництва (наявність поголів'я
тварин та перспектива розвитку галузі) План ферми та оцінка механізації. Аналіз
механізації процесу прибирання гною. Норми та раціони годівлі тварин. Стан
механізації тваринництва у господарстві.

Перелік питань, які потрібно розробити:

Перелік графічних документів (за потреби) 1. Графік використання кормів.

2. Схема лінії забору силосу. 3. Схема агрегату для забору силоса (Загальний

вигляд). 4. Подрібнювальний барабан. Завантажувальний шнек. (Складальне

креслення). 5. Деталювання вузла. 6. Економічне обґрунтування проєкту

7. Аналіз небезпечних факторів та заходи по їх усуненню.

Дата видачі завдання “ 09 ” _____ лютого _____ 2024_ р.

Керівник бакалаврського проєкту _____

(підпис)

Хмельовський В.С.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

Ткачук О.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

Реферат

Тема роботи: «Механізація процесу забору силосу з силосних ям»

Метою роботи є покращення підготовки кормів до згодовування шляхом удосконалення навантажувача силосу із траншей на тваринницькій фермі ВП НУБІП України "Агрономічна дослідна станція" Київської області.

Об'єктом бакалаврської роботи є механізація приготування кормів на фермі ВРХ з удосконаленням навантажувача силосу.

Предмет розробки – забезпечити якісне забирання силосу із сховищ та підвищити засвоювання кормових компонентів твариною.

В пояснювальній записці проведено аналіз засобів забору кормів на фермах ВРХ, оговорено біотехнологічні та техніко-економічні вимоги до технологічного процесу та машини, вибрано типорозмір агрегату, обґрунтована його структурна та технологічна схема, проведено технологічний розрахунок.

Розглянуті також питання охорони праці та виконане визначення економічних показників удосконаленого агрегату. Бакалаврська робота складається з пояснювальної записки об'ємом 61 сторінка, налічує 5 розділів у пояснювальній записці, 7 листів графічної частини та 35 літературних джерел.

На підставі проведених розрахунків рекомендуємо з метою раціональнішого використання кормових компонентів та кращого їх засвоєння організмом тварин, економії трудових ресурсів застосовувати фрезерний агрегат для завантаження та до подрібнення кормових компонентів. Це дозволяє збільшити засвоювання кормових компонентів та підвищити молочну продуктивність і рентабельність виробництва на 11%.

Ключові слова: кормова база, фрезбарабан, силос, суміш, кормові компоненти, змішувач, роздавач, бункер.

ЗМІСТ

Завдання на дипломний проект	2
Відомість дипломного проекту.....	4
Реферат.....	5
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1. Виробничо - економічна характеристика господарства	9
1.1 Загальна характеристика господарства	9
1.2 Характеристика тваринництва	11
1.2.1 Структура поголів'я тварин та перспектива розвитку галузі	11
1.2.2. Спосіб утримання тварин	13
1.2.3. План ферми і характеристика тваринницьких приміщень	14
1.2.4. Кормова база і добові раціони годівлі тварин	14
1.2.5. Стан механізації виробничих процесів	16
1.3. Обґрунтування теми проекту	17
2. Технологічна частина.....	19
2.1 Роль і значення операції забору силосу із траншей.....	19
2.2 Огляд машин та устаткування для навантаження силосу й грубих кормів.....	19
2.3 Обґрунтування типорозмірів машини.....	24
3. Удосконалення навантажувача силосу	29
3.1 Зоотехнічні вимоги до машин та процесу забору силосу.....	29
3.2 Будова та принцип роботи обладнання технологічної лінії.....	29
3.3 Розрахунок продуктивності лінії.....	33
3.4 Визначення споживаної потужності при роботі агрегату.....	37
3.5 Розрахунок на міцність.....	39
3.6 Обґрунтування комплекту машини.....	40

4. Економічне обґрунтування проекту.....	43
4.1 Загальний огляд.....	43
4.2 Техніко-економічні показники.....	43
5. Охорона праці.....	46
5.1 Заходи безпеки.....	46
5.2 Вимоги до причіпних та навісних сільськогосподарських машин.....	49
5.3. Аналіз небезпечних ситуацій	50
Висновки.....	51
Перелік використаної літератури.....	52
Додатки.....	53

ВСТУП

Тваринництво є найважливішим джерелом для забезпечення все зростаючих потреб населення в продуктах харчування, а промисловості в сировині. Це обумовлює безперервне збільшення поголів'я сільськогосподарських тварин і поліпшення умов їх утримання.

У нашій країні гостро постає питання інтенсифікації розвитку агропромислового комплексу і саме цій проблемі надається особлива увага.

Збільшення виробництва м'яса, молока, яєць передбачається забезпечити, головним чином, за рахунок підвищення продуктивності тварин і птиці, а також і за рахунок збільшення їх поголів'я на базі створення міцної кормової бази.

Вирішальною умовою успішного вирішення цієї проблеми є послідовна інтенсифікація агропромислового комплексу на основі сучасних технологій механізації, електрифікації та хімізації виробництва.

Значна частина робіт з механізації виробничих процесів на тваринницьких фермах приходиться на годування тварин силосом, грубими кормами та кормосумішами.

Для вирішення питання механізації виїмки і навантаження великого обсягу силосу, а також для подрібнення і навантаження грубих кормів були створені конструкції і освоєно виробництво різних універсальних і спеціальних машин та устаткування.

Найбільш ефективними машинами для навантаження силосу і грубих кормів є спеціальні навантажувачі з фрезерним робочим органом. Однак і ці навантажувачі не задовольняють зоотехнічним вимогам по якості подрібнення, мають низьку експлуатаційну надійність, високу енергоємність і металомісткість, а також широкий діапазон параметрів робочого органу і режимом фрезерування.

Цим самим і була обумовлена необхідність розробки даного дипломного проекту.

РОЗДІЛ 1.

ВИРОБНИЧО-ЕКОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

1.1 Загальна характеристика господарства

Історія Агрономічної [9] дослідної станції бере свій початок від радгоспу "Митниця" Саливінківського цукрокомбінату, який був організований в 1921 році. Постановою Кабінету Міністрів України від 01.06.1995 року № 387 "Про Національний аграрний університет" та наказом Мінсільгосппроду України від 29.06.1995 року № 157 Агрономічна дослідна станція передана в пряме підпорядкування Національного аграрного університету. З кінця 2008 року «Агрономічна дослідна станція» є відокремленим підрозділом Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Підприємство спеціалізоване на виробництві молока, м'яса, зернових та технічних культур [9].

Відстань до районного центру 25 км м. Васильків, а до обласного 54 км м. Київ [9].

Клімат помірно-континентальний, вегетаційний період - 7 і 5 місяців. Середня температура складає + 5°C, мінімальна - 29-39°C. Середньорічна кількість опадів 520-600 мм. Рельєф території господарства рівнинний. Ґрунтові води залягають неглибоко, що спричиняє утворення на полях господарства численних блюдець.

Основну частину в складі ґрунтів займають чорноземи глибокі - більше 70%, біля 15% - чорноземи лугові, також маємо в складі ґрунтів чорноземи опідзолені, темно-сірі суглинки та дерново-опідзолені ґрунти [9].

Підприємство має в розпорядженні склади, майстерні, гараж, торговий центр, гуртожитки, житлові будинки, тваринницькі приміщення, дорогу з твердим покриттям і інші необхідні для господарювання споруди [9].

Рослинництво обслуговує тракторно-польова бригада, в якій нараховується 16 тракторів різних марок: три трактора МТЗ-82 (придбані в 2005 р.), один ХТЗ-25 (придбаний в 2004 р.), один трактор МТЗ-80 (придбаний в 1998 р.), одинадцять інших тракторів різних марок (віком більше 16 р.) в тому числі 4 гусеничних; 6 зернозбиральних комбайнів, 2 силосозбиральні та 1 бурякозбиральний комбайн; 5 сівалок тракторних, 4 плуги [9], 14 тракторних причепів, одна косарка, 2 обприскувачі, 2 кормороздатчики, а також автопарк з наявністю 22 автомобілів.

Основний напрямок в рослинництві – вирощування зернових (44,7 % в структурі посівних площ) і кормових (43,4% в структурі посівних площ) культур. Детальніше структура посівних площ розписана в таблиці 1.1 [9].

Таблиця 1.1. - Структура посівних площ

Показники	Площа, га		2022 р. до 2023 р. ±	Структура, %	
	2022 р.	2023 р.		2022 р.	2023 р.
Зернові культури всього	410	418	+8	43,9	44,7
Озима пшениця	250	250	-	26,8	26,8
Яра пшениця	20	30	+10	2,1	3,2
Ячмінь	70	95	+25	7,5	10,1
Овес	25	3	-22	2,7	0,3
Горох	35	30	-5	3,7	3,2
Гречка	10	10	-	1,1	1,1
Всього олійних культур	36	7,5	-28,5	3,8	0,8
Ріпак	35	6,5	-28,5	3,7	0,7
Соя	1	1	-	0,1	0,1
Технічні культури	70	100	+30	7,6	10,7
Цукрові буряки	70	100	+30	7,6	10,7
Картопля	1	0,40	-0,6	0,1	-
Овочі всього	1	3,10	+2,1	0,1	0,4
Столові буряки	1	0,6	-0,4	0,1	0,1
Морква	-	0,6	+0,6	-	0,1
Капуста	-	1,2	+1,2	-	0,1
Інші овочі	-	0,7	+0,7	-	0,1
Кормові культури всього	416	406,8	-9,2	44,5	43,4
Кормові буряки	10	10	-	1,0	1,1
Кукурудза на силос	109	100	-9	11,8	10,7
Кукурудза на зелений корм	16	50	+34	1,7	5,3
Однорічні трави	177	145	-32	18,5	15,5

Багаторічні трави	104	101,8	-2,2	11,1	10,8
Всього:	934	935,8	+1,8	100	100

1.2 Характеристика тваринництва

1.2.1 Структура поголів'я тварин та перспектива розвитку галузі

При переході до ринкової економіки необхідно здійснити дійові заходи по зниженню собівартості молока, в основному за рахунок підвищення продуктивності дійного стада. Найвища його економічна ефективність можлива при середніх надоях на корову понад 4,5 - 5,0 тисяч кг молока [9]. Наукові дослідження та досвід кращих господарств свідчать, що лише при забезпеченні високого рівня годівлі і належних умов утримання доцільно створювати чистопородне високопродуктивне стадо, яке здатне окупити понесені витрати і забезпечить одержання прибутку [9].

З метою одержання високо цінних плідників будуть проводитися парування на замовлення від високопродуктивних тварин [9]. Вестиметься нормована годівля корів в залежності від фактичної продуктивності, фізіологічного стану, зміни живої маси. Біля 70% кращих, найпродуктивніших корів будуть виділені у селекційне ядро, від них вестиметься відбір теличок, їх інтенсивне вирощування з тим, щоб спаровувати не менше 30 телиць на 100 корів [9].

Таблиця 1.2. - Структура поголів'я, голів (станом на 29.12.2024 р.)

Групи тварин	наявних, гол.	Перспектива на 2024 р, гол
Поголів'я ВРХ	580	640
В т.ч. корів	234	250
Нетелі	127	120
Молодняк від 6 до 12 місяців	106	140
Молодняк старше року	113	130
Свиноматок	45	50

З метою здешевлення виробленої продукції заплановано створити для молочної худоби культурне пасовище з розрахунку 3-4 корови на кожний гектар.

1.2.2 Способи утримання тварин

В господарстві для утримання великої рогатої худоби (надалі у тексті ВРХ) використовується стійлово-вигульна система утримання тварин. В зимово-стійловий період тварин утримують на прив'язі з вигулом на вигульних майданчиках на протязі 210 днів з обов'язковим моціоном, а влітку – частину часу тварин утримують на прив'язі (вночі), іншу частину часу проводять на пасовищах та вигульних майданчиках [9]. Розпорядок дня на фермі для утримання великої рогатої худоби приведений у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Розпорядок робочого дня

№	Операція	Початок	Закінчення	Тривалість
1.	Очищення годівниць, стійл, видалення гною	6 ³⁰	7 ⁰⁰	30 хв.
2.	Роздавання кормів	6 ⁴⁵	7 ¹⁵	30 хв.
3.	Доїння корів	7 ¹⁵	8 ³⁰	1 год. 15 хв.
4.	Вигул	9 ⁰⁰	10 ⁰⁰	1 год.
5.	Відпочинок	10 ⁰⁰	12 ⁰⁰	2 год.
	Видалення гною	12 ⁰⁰	12 ³⁰	30 хв.
	Роздавання кормів	12 ³⁰	13 ⁰⁰	30 хв.
	Доїння корів	13 ⁰⁰	14 ³⁰	1 год. 30 хв.
	Перерва	14 ³⁰	15 ⁰⁰	30 хв.
	Вигул	15 ⁰⁰	16 ⁰⁰	1 год.
	Відпочинок	16 ⁰⁰	17 ³⁰	1 год. 30 хв.
	Видалення гною, очищення стійл, зооветеринарні заходи	17 ³⁰	18 ⁰⁰	30 хв.
	Роздавання кормів	18 ⁰⁰	18 ³⁰	30 хв.
	Доїння корів	18 ³⁰	20 ⁰⁰	1 год. 30 хв.
	Відпочинок (нічний), пере-дача зміни нічному сторожу	20 ⁰⁰	20 ³⁰	30 хв.

При цьому всі технологічні процеси, пов'язані з доглядом за тваринами й одержанням від них продукції, виконуються за місцем їх утримання і без суттєвої спеціалізації працівників [9]. Це дозволяє економніше використовувати кормові ресурси та підстилковий матеріал, а також надає можливість індивідуального обслуговування тварин.

1.2.3 План ферми та оцінка тваринницьких приміщень

Ферма ВРХ господарства розміщена паралельно пануючим вітрам і паралельно селу Пшеничне. Нахил місцевості становить 3°. Відстань від дороги 3 км [9]. Ферма має надійне електрозабезпечення від централізованої електропровідної мережі. На її території всі дороги з твердим покриттям. Ферма також добре розміщена по відношенні до пасовищ [9].

Водопостачання приміщень забезпечується централізовано від водонапірної башти через систему водопостачання, яка міститься на території ферми [9].

Стан приміщень відповідає всім вимогам, які ставляться до тваринницьких приміщень. Загальний план ферми ВРХ зображений на рисунку 1.1.

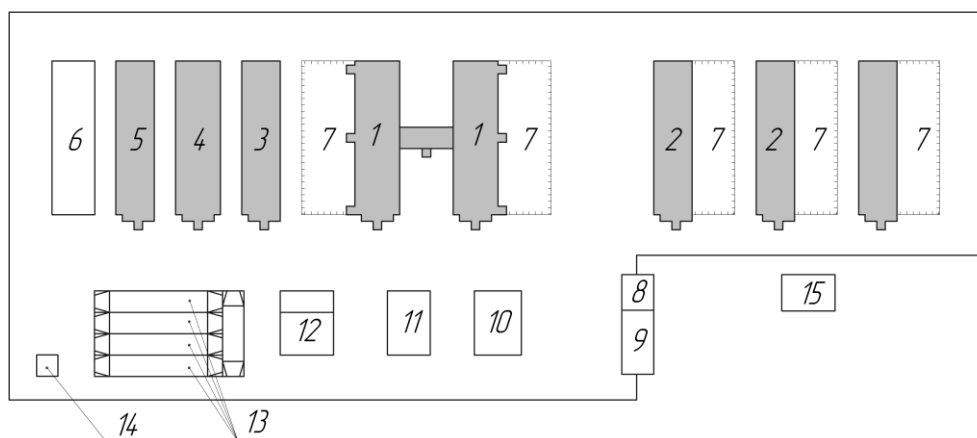


Рис.1.1 План ферми ВРХ

1. Корівник на 200 голів прив'язного утримання; 2. Корівник на 100 голів прив'язного утримання; 3. Телятник на 154 голови; 4. Родильна на 70 родильних місць; 5. Свинарник; 6. Майданчик для зберігання коренебульбоплодів; 7.

Вигульний майданчик; 8. Контрольно-пропускний пункт; 9. Приміщення для відпочинку, аптека і ветпункт; 10. Приміщення кормоцеху; 11. Ангар; 12. Пункт технічного обслуговування з майстернею; 13. Силосні траншеї; 14. Трансформаторна і електрощитові; 15. Вагова.

1.2.4 Кормова база і добові раціони годівлі тварин

Головною умовою успішного розвитку тваринництва і зростання його продуктивності є перш за все кормова база. Головним джерелом надходження кормів для ВРХ в господарстві є польове кормовиробництво. Для додаткового забезпечення кормами використовують покупні корми придбані в господарствах, що знаходяться поблизу.

Літнє утримання худоби розраховане на зелений конвеєр (145 – 155 днів). Основними культурами зеленого конвеєру є багаторічні трави і однорічні, озимі на зелений корм, кукурудзяно-бобова суміш, повторні посіви, стернівка, гичка буряків. Схема зеленого конвеєра розроблена з таким розрахунком, щоб з другої декади травня худоба забезпечувалась зеленою масою озимих культур і багаторічних трав, а в літні місяці використовуватиметься зелена маса однорічних трав, кукурудзяно-бобових сумішок різних строків посіву, багаторічних трав другого укосу. Восени надходитиме зелена маса поживних посівів, гички буряків, стернівки багаторічних поточного року посіву, які можна частково підкошувати у вересні місяці на зелений корм і цим не допускати їх переростання і забезпечити кращу перезимівлю.

Добовий раціон годівлі корів приведений в таблиці 1.5.

Таблиця 1.4 - Добовий раціон годівлі дійних корів на голову за добу

Назва кормових компонентів	Кількість компоненту, кг/гол.
Сіно	4,0
Сінаж	6,
Силос	20,0
Коренеплоди	8,0
Концентровані корми	4,0

Дробина пивна	8,0
ВСЬГО:	50,0

На зимовий період в господарстві заготовлюється силос кукурудзяний, сіно, солома зернових, коренебульбоплоди. Виходячи із заготовлених кормів на зимовий період складають добовий раціон годівлі тварин.

На 1 кг молока затрачають 1,35 кг кормових одиниць, річна витрата 3305 кг кормових одиниць. На 1 ц приросту живої маси затрачають 36,85 кормових одиниць.

В перспективі господарство планує збільшити кормову базу шляхом збільшення посівних площ кормових культур і закупівлею більшої кількості кормів у інших господарствах. Крім того планується провести роботи по вдосконаленню кормової бази і раціоналізації використання кормів, вдосконалити організацію годівлі тварин.

1.2.5 Стан механізації виробничих процесів

До механізованих процесів відносяться такі: напування, доїння корів, первинна обробка молока, прибирання гною і кормоприготування.

Для напування тварин в корівниках і телятниках використовують автонапувалки АП-1А та їх модифікації. Вода подається з головної водопровідної мережі до водонапірної башти, а з неї по системі водопроводів, що розміщені на території ферми, до споживачів.

Доїння в корівниках виконується модернізованою установкою УДМ-100 для доїння в молокопровід, яка розрахована на 106 голів. Доїння корів, що отелились проводиться установкою для доїння в відра ДАС-2Б. Для перевезення молока від корів, що отелились, використовують візки для молока ТБ-1. Очищення і охолодження молока проводиться очисником-охолодником ОМ-1А, а зберігається молоко в танках-охолодниках “Альфа-Лаваль”.

Прибирання гною на фермі – це найбільш механізований процес. Він здійснюється ланцюговим транспортером ТСН-160А із завантаженням в транспортний причіп 2ПТС-4, який транспортує гній до гноєсховища, за межами ферми. Крім того для видалення гною на вигульних майданчиках використовується бульдозер на базі трактора ДТ-74 або Т-100.

Для кормоприготування в господарстві використовувався кормоцех обладнаний машинами для приготування комбікормів та причіпний кормоприготувальний агрегат та роздавачі кормів КТУ - 10. Для завантаження кормів у транспортні засоби, при транспортуванні їх до місця роздавання кормової суміш, використовують два навантажувачі ПЭ-0,8. Роздавання кормів у літній період проводиться мобільними кормороздавачами КТУ-10А. Для додаткового підвезення і роздавання корму, а також роздавання корму в родильному відділенні використовують візки УТР-0,3. В приміщеннях корівників і телятників використовується прив'язь ОСП-Ф-26.

До складу обладнання входять приймальний бункер, завантажувальний транспортер спірального типу, накопичувальний бункер із системою зважування кормів та ланцюгово-шайбовий транспортер в середині приміщення за норму видачі відповідають дозатори з автоматичною системою регулювання норми видачі корму.

1.3. Обґрунтування теми проекту

З огляду природноекономічної діяльності господарства видно, що всі основні процеси механізовані. Поряд з цим подальше технічне переозброєння підвищення загального рівня механізації приведе до зниження собівартості продукції, це є важливим чинником для підвищення конкурентоспроможності та рентабельності галузі таке супроводження вимагає зниження затрат праці. Крім цього будь яке

порушення технології зводить на нівець усі намагання механізації та автоматизації виробничих процесів у тваринництві, наприклад, роздільне згодовування приводить до неефективного використання кормових ресурсів, неефективне забезпечення рівня вакууму до захворювань на мастит та до втрати молочної продуктивності.

В зв'язку з цим для дипломної роботи вибираємо тему, яка передбачає удосконалення навантажувача силосу для процесу приготування кормів.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Роль і значення операції забору силосу із траншей

При згодовуванні силосованих кормів один з найбільш трудомістких процесів є вивантаження маси з силососховищ. Для ферми на 200 корів із шлейфом потрібно щоденно 6 т. силосу. Витрати ж праці на ручне навантаження 1 т силосу становлять 4-5 людино-години, тобто для ферми на 200 корів потрібно щоденно 3-4 людино-дні. А всього на навантажувально-розвантажувальні роботи на тваринницьких фермах витрачається 20-30% робіт від загальних трудовитрат [1. 2. 3].

Вельми трудомістким є подрібнення і вантаження грубих кормів. Трудомісткість подрібнення і вантаження 1 т соломи за допомогою соломосилосорізки складає більше 2 людино-годин.

Надзвичайно висока трудомісткість ручного забирання і навантаження силосу, а також подрібнення і вантаження грубих кормів при зростаючих розмірах ферм доля ручної праці стає непосильною. У зв'язку з цим створилася об'єктивна необхідність у наукових обґрунтуваннях та розробці ефективних засобів механізації зазначених виробничих процесів на тваринницьких фермах.

2.2. Огляд машин та устаткування для навантаження силосу й грубих кормів

У результаті вирішення проблеми механізації навантаження силосу й грубих кормів у нашій країні й за кордоном було запропоновано безліч різних типів машин й устаткування. Для аналізу великої кількості існуючих машин нами проведена класифікація їх по основних видах і типам робочих органів [1. 2. 3].

По видах машин отримано чотири класи: 1 - різак; 2 - подрібнювачі; 3 - навантажувальні машини загального призначення; 4 - спеціальні навантажувачі силосу [4, 9].

"Різаки" складається з різаків силосу і скирдорізів. Ці машини призначені для відрізання частини бортів силосу або скирти соломи для наступного навантаження в транспортні засоби. Застосування різаків значно підвищило продуктивність праці на виконання даної операції. Однак, часткова механізація навантаження не забезпечувала високої ефективності їхнього використання. Через це вони не одержали широкого поширення на тваринницьких фермах.

Другий клас машин забезпечує найкраще подрібнення, однак неповна механізація навантаження силосу й грубих кормів вимагає додаткових трудових затрат та обладнання на їхнє обслуговування. Так, для подрібнення й навантаження 1т соломи за допомогою соломосилосорізки затрачається до 2-2,5 людино-годин [4, 24].





Рис. 2.1 Рухомі відокремлювані-навантажувачі

"Навантажувальні машини загального призначення" включає стрілові крани, фронтальні навантажувачі, грейферні навантажувачі і транспортери. Однак через те, що машини цього класу не забезпечують додаткового подрібнювання силосу й соломи, вони ефективно використовуються тільки на навантаженні комбінованого силосу й грубих кормів, які не потребують подрібнення [14, 17, 19, 21, 22, 23].

"Спеціальні навантажувачі силосу" включають спеціальні навантажувачі наступних типів: фрезерні; шнекові; ланцюгові і дисково-пилні.

Спеціальні навантажувачі силосу призначені для комплексної механізації забору, розпушування, додаткового подрібнювання силосної маси й навантаження в транспортні й кормороздавальні засоби. Деякі моделі навантажувачів фрезерного типу, крім навантаження силосу, забезпечують подрібнювання й навантаження грубих кормів.

У більшості випадків фрезерні навантажувачі виконані у вигляді навісного устаткування для колісних тракторів і рідше - на автомобілі або мають власну ходову базу або комплектуються до складу мобільних кормоприготувальних агрегатів [14, 17, 19, 21, 22, 23].

Вертикальна подача фрезерного барабана по щоглі зустрічається рідше, а за допомогою горизонтальної й вертикальної рам, всі інші варіанти є тільки на рівні пропозиції [14, 17, 19, 21, 22, 23].

Перевага маятниковому способу віддається завдяки компактності, простоті конструкції робочого органа й приводних механізмів.

Транспортуючі робочі органи навантажувачів найчастіше застосовуються за принципом викидання з поворотним дефлектором. Стрічкові й скребкові

транспортери зустрічаються рідше. На фуражирі ФН-1,2 та ФН-1,4 застосований пневматичний транспортер з використанням вентилятора.

Переважне застосування кидалок і пневматичних транспортерів обумовлюється компактністю їхньої конструкції, надійністю в роботі й можливістю зміни місця вивантаження в діапазоні 360° . Значні енергетичні витрати цих транспортерів компенсуються надлишковою потужністю двигуна трактора, на якому вони навішуються, прикладом машини такого типу може бути ПСК - 5 [12, 14, 17, 19, 21, 22, 23].

Як ріжучі елементи фрезерних барабанів застосовуються загострені (стрілчасті) вигнуті (Г - подібні) і плоскі (сегментні й шаблеподібні) ножі з ковзним різанням, а також пилки (дискові). Великий різновид ріжучих елементів можна пояснити недостатнім науковим обґрунтуванням їх енергетичних й якісних показників.

Робочий орган, пройшовши із крайнього верхнього в крайнє нижнє положення (або навпаки), зрізує шар маси товщиною h , потім повертається у вихідне положення й агрегат переміщається у бік бурту на величину товщини нового шару. Таким чином, технологічний процес роботи фрезерний навантажувачів має циклічний характер.

Коротка технічна характеристика деяких марок навантажувачів фрезерного типу наведена в додатку 2. З наведених даних, видно, що параметри робочого органа й режим фрезерування існуючих навантажувачів змінюється в дуже широких діапазонах. Так, наприклад, діаметр фрезерного барабана коливається в межах від 260 до 960 мм, довжина від 400 до 1580 мм, а число обертів - від 60 до 1240 хв^{-1} . Швидкість фрезерування змінюється від 2,89 до 32,4 м/сек., а швидкість подачі фрезерного барабана від 0,6 до 7,6 м/хв. [14, 17, 19, 21, 22, 23].

Широкий діапазон параметрів робочих органів і режимів фрезерування в існуючих навантажувачах обумовлюється, насамперед, відсутністю достатніх наукових обґрунтувань параметрів робочих органів і режимів технологічного процесу навантаження силосу й грубих кормів способом фрезерування.

На підставі зробленого аналізу навантажувачів силосу й грубих кормів фрезерного типу можна зробити висновок, що для підвищення їхніх техніко-економічних показників, уніфікації й універсализації необхідно провести теоретичні й експериментальні дослідження з метою обґрунтування оптимальних параметрів робочого органа й режимів фрезерування стеблових матеріалів.

2.3 Обґрунтування типорозмірів машини

Продукцію тваринництва одержують переважно за рахунок використання кормових ресурсів рослинного походження (власного виробництва чи на основі кооперування з кормовиробничими підприємствами). Для цього колективні, державні і фермерські господарства вирощують зернофуражні культури, коренебульбоплоди, а також одно- і багаторічні трави на зелену масу, силос, сінаж та сіно [19, 21, 22, 23].

З метою забезпечення високоефективного використання поживної цінності більшість кормів необхідно заготовляти і готувати до згодовування відповідно до діючих стандартів або зоотехнічних вимог, які враховують фізіологічні особливості тварин. Сутність цих вимог полягає у наступному.

Збирати кормові культури необхідно в період коли вони мають найбільшу врожайність та поживну цінність. Якість кормів визначається не лише їх поживною цінністю, але й наявністю (або відсутністю) в них баластних, некорисних чи інколи навіть шкідливих включень. Останні можуть спричиняти травмування чи отруєння споживачів, знижувати ефективність роботи та надійність технологічного обладнання [14, 17, 22, 23].

Для попередження таких явищ корми в процесі підготовки до згодовування очищають. Допустимий ступінь залишкового забруднення залежить від виду кормів, а також характеру включень та їх можливих наслідків. Так, домішки землі не повинні перевищувати 1 -2 %, піску - 0,3 - 1 %, металеві домішки

розміром до 2 мм з незагостреними краями - 30 мг на 1 кг корму, насіння отруйних трав - 0,25 %.

Для високоефективного використання кормів важливим є забезпечення оптимальної крупності кормових часток, що залежить від біологічного виду та віку тварин і птиці, а також від виду кормової сировини й характеру використання кормів. З цією метою кормову сировину перед згодовуванням подрібнюють.

Коренебульбоплоди перед згодовуванням (не раніше як за 1,5 - 2 год) рекомендується для великої рогатої худоби подрібнювати на стружку завтовшки 10 - 15 мм [1, 2, 3, 4, 9].

Готові кормові суміші повинні задовольняти зоотехнічним вимогам, наведеним у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. - Зоотехнічні вимоги до параметрів кормових сумішей

Показник	Для великої рогатої худоби та овець
Вологість, %	До 75
Рівномірність змішування, % не менше	80
Допустимі відхилення (за масою) вмісту компонентів у суміші, %:	
грубі, соковиті	±10
концентровані	±5
кормові дріжді	±2,5
рибні	-
молочні	±5
поживні розчини	±5
мінеральні добавки	±5
харчові відходи	-

Для розрахунку кормоприготувального об'єкту необхідно знати добові потреби кормів для ферми і разовий обсяг їх видачі [14, 17, 19, 21, 22, 23].

Добову витрату кожного виду кормів визначають за формулою, кг:

$$G_{\text{доб.}i} = \sum_{j=1}^n g_i \cdot m_j, \quad (2.1)$$

де g_i - норма видачі i -го виду корму на одну голову j -ї групи тварин приймають відповідно до кормового раціону, кг;

m_j - кількість споживачів j -ї групи, гол., нетелі - m_i , гол.;

n – кількість груп тварин з однаковою нормою видачі корму, $n=1$.

Таблиця 2.2. - Добовий раціон годівлі тварин

Вид тварин	Концентр.	силос	сінаж	сіно	коренеплоди
Корови роздій	5	25	5	4	9
Корови дійні	4	25	5	3	6
Корови сухостій	3	5	10	4	7
Нетелі	3	5	8	2	5
Телиці 2013 року	1	15	3	1	3
Бички 2013 року	0,5	2	0,5	0,5	-
Всього	1246	6841	2027	977	2197

Залежно від максимальної частини β разової того або іншого корму розраховують разову потребу підготовки кормів, кг:

$$G_{\text{раз.}i} = \beta \cdot G_{\text{доб.}i}, \quad (2.2)$$

При відгодівлі великої рогатої худоби добову норму видачі кормів розподіляють таким чином. Вранці і ввечері роздають по 30% кормів, а удень –

40% (відповідно $\beta=0.3$ і $\beta=0.4$). Солому роздають переважно уранці та увечері ($\beta=0.5$), сіно тільки удень ($\beta=1$). Тоді вранці і ввечері разова потреба підготовки кормів становитиме [1, 2, 3, 4, 9]:

Результати розрахунку витрат кормів заносяться в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 - Добова потреба та розподіл кормів по видачах

Вид корму	Добова потреба, кг	1-ша годівля		2-га годівля		3-тя годівля	
		β	$G_{\text{раз}}$	β	$G_{\text{раз}}$	β	$G_{\text{раз}}$
1. Сінаж	2027	0,5	1013,5	-	-	0,5	1013,5
2. Сіно	977	-	-	1	977	-	-
3. Силос	6841	0,3	2052,3	0,4	2736,4	0,3	2052,3
4. Коренеплоди	2197	0,3	659,1	0,4	878,8	0,3	659,1
5. Конц. корми	1246	0,3	373,8	0,4	498,4	0,3	373,8
Всього	13288	-	4098,7	-	5090,6	-	4098,7

Приготування кормів може здійснюватись за допомогою кормоцеху на базі АПК-10. До складу входять бункери-накопичувачі ПДК-Ф-74 грубих кормів, силосованих кормів та ДК-10 для концентрованих кормів, приготування рідких поживних розчинів відбувається у СМ-1,7 [1, 2, 3, 4, 9] або мобільного кормоприготувального агрегату з використанням деяких машин.

РОЗДІЛ 3.

УДОСКОНАЛЕННЯ АГРЕГАТУ ДЛЯ ЗАБОРУ СИЛОСУ

3.1. Зоотехнічні вимоги до машин та процесу забору силосу

Масу в траншеї ущільнюють та вирівнюють цілодобово бульдозерами та важкими гусеничними тракторами. Масу в траншеї заповнюють вище стін на 1,2-1,5 м, це дає можливість зберігати сферичність поверхні після осідання силосу й запобігає потраплянню в силос води. У практиці заготівлі силосу використовують поліетиленові плівки завтовшки 0,15-0,20 мм. Перш ніж вкривати силос, плівку попередньо ретельно склеюють в одне полотнище, на 2-2,5 м ширше і на 5-6 м довше за траншею. Щоб запобігти повторній ферментації та потраплянню повітря в масу, силос в жодному разі не можна знімати вздовж траншеї. Використовуючи спеціальні ножі, пласт маси одразу відрізають від решти на всю ширину та висоту траншеї. Щоразу після вибирання силосу, край зрізу ізолюють від повітря поліетиленовою плівкою [1, 2, 3, 4, 9].

3.2 Будова та принцип роботи обладнання технологічної лінії

Згідно технології приготування кормової суміші для великої рогатої худоби відбувається певний порядок та кількість забору кормових компонентів із

сховищ. Одними із таких компонентів є силос, сінаж та грубі корми.

Для нашої технологічної лінії забору силосу із траншей необхідно організувати свій принцип роботи адже від стану кормів у сховищах та методів їх забору будуть залежати якісні показники кормової суміші.

До складу агрегату для забору силосу із траншей входить:

- навантажувач;

- енергоджерело (трактор);
- фронтальний скребок (лопата).

Навантажувач призначений для відокремлювання силосу і сінажу з траншей, додаткового подрібнювання і навантаження їх у транспортні засоби.

Начіплюють навантажувач на трактори МТЗ-80 та МТЗ-82 з уніфікованими кабінами або тракторами класу 1,4, які мають поворотні сидіння та реверсивне керування.

Привод робочих органів здійснюється від ВВП трактора.

Загальна будова. Навантажувач складається із таких основних елементів (рис. 3.1): рами 11, стріли 3, фрезбарабана 1, приймального ковша 9, вентилятора-шпурлялки 8, вивантажувальної труби 4, бульдозера 12, розподільної коробки та гідросистеми.

На стрілі встановлений фрезбарабан з механізмом їх привода. Фрезбарабан має вигляд циліндра, на поверхні якого закріплені Г-подібні ножі з лопатками, а на торцях – підрізні ножі. Середні ножі, зазор між якими становить 48-52 мм, розміщують один проти одного [12, 13, 14, 19].

Приймальний ківш має шнек з правою і лівою навивками. У середній частині шнека приварені лопаті подачі корму в приймальне вікно лопатевого вентилятора.

Верхня частина вивантажувальної труби має можливість повертатися на кут 360° і закінчується відбивним козирком. В нижній частині труби є вікно для огляду і очищення при забиванні її кормом. Воно закривається кришкою. У транспортному положенні вивантажувальна труба складається, що зменшує висоту навантажувача.

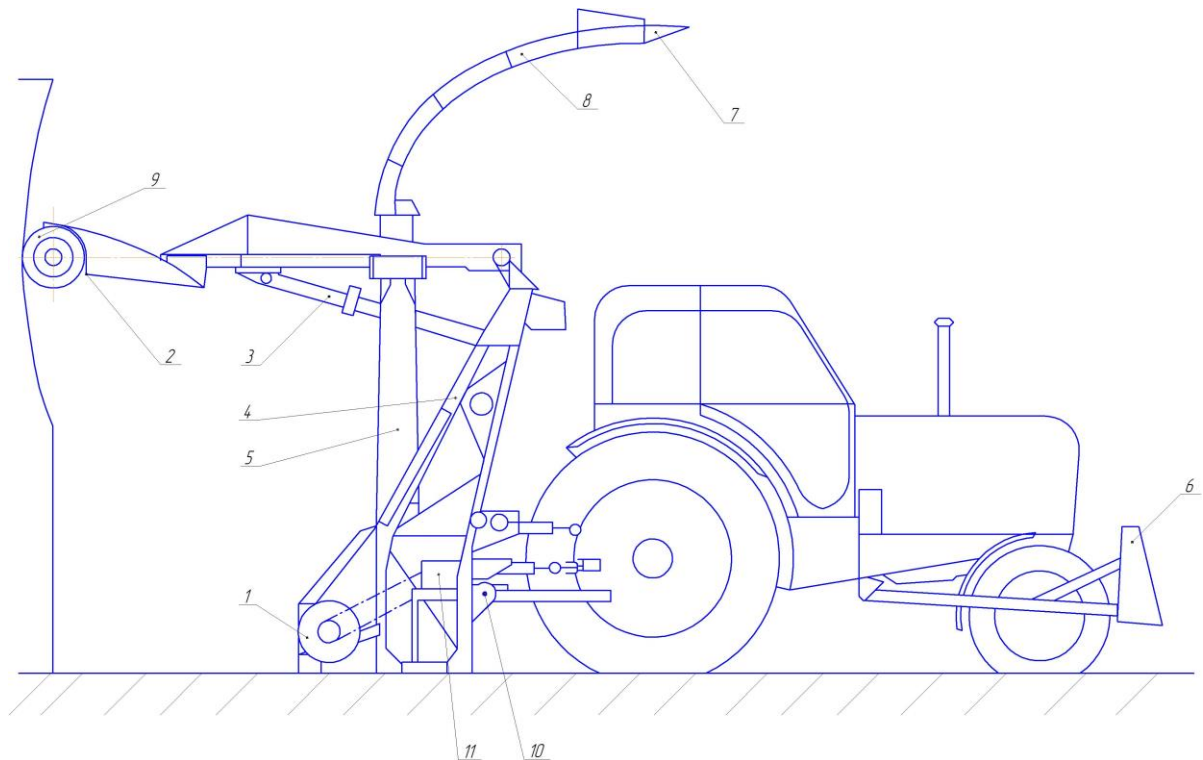


Рис. 3.1. Конструкційно-функціональна схема
завантажувача силосованих кормів :

1. - приймальний ківш; 2. - стріла; 3. - гідроциліндр; 4. - рама; 5. - труба вивантажувальна; 6. - бульдозерна лопата; 7. - козирок; 8. - напрямний рукав; 9. - фрезбарабан; 10. - рама навантажувача; 11. - вентилятор-шпурлялка.

Розподільна коробка встановлена на рамі навантажувача, яка має ведучий і два вихідних вали. Ведучий вал коробки з'єднується з валом відбору трактора (ВВП) за допомогою шарнірної передачі.

За допомогою гідросистеми виконуються такі операції: піднімання стріли з фрезбарабаном; поворот верхньої частини вивантажувальної труби і переведення її з робочого положення в транспортне та навпаки; регулювання положення відбивного козирка вивантажувальної труби; керування бульдозером. Опускання стріли здійснюється під дією сили її тяжіння. Швидкість опускання регулюють дроселем-регулятором [1, 2, 3, 4, 9].

До початку роботи перевіряють вхолосту за допомогою гідросистеми роботу стріли і верхньої частини вивантажувальної труби. Піднімання та опускання стріли, а також поворот вивантажувальної труби з одного крайнього

положення в інше повинні здійснюватися плавно, без ривків і заїдань. При наявності усувають підтікання масла в трубопроводах. Для цього підтягують гайки з'єднань трубопроводів або замінюють ущільнювальні кільця. Перевіряють кріплення усіх вузлів. Безпосередньо перед роботою встановлюють вивантажувальну трубу у робоче положення.

Порядок роботи. За допомогою гідроциліндрів піднімають стрілу з фрезбарабаном і під'їжджають заднім ходом до скирти або траншеї з кормом. Фрезбарабан встановлюють над кормом, а вивантажувальну трубу – у бік транспортного засобу. Включають ВВП трактора і переводять рукоятку гідророзподільника у положення „Плаваюче”. Стріла із фрезбарабаном опускається на корм. Перед безпосереднім контактом фрезбарабана з кормом збільшують до максимальної частоту обертання колінчатий вал двигуна трактора і регулюють відбивний козирок на необхідний кут нахилу.

Корм відрізається ножами та лопатками і напрямним кожухом спрямовується у приймальний ківш, шнек якого зміщує його з обох боків до лопатей. Останні направляють корм у приймальне вікно вентилятора-шпурлялки, який викидає його через вивантажувальну трубу в транспортний засіб. За допомогою регульовального козирка труби кормова маса рівномірно розподіляється по всій довжині кузова транспортного засобу.

Після відрізання першого шару корму трактор переміщається вперед і відрізається наступний шар. Коли закінчується зрізування шарів у одному напрямку, трактор з навантажувачем пересувається вправо або вліво від місця забирання корму на ширину захоплення фрезбарабана і далі процес роботи повторюється.

Оптимальна глибина фрезерування становить 150-180 мм. Максимальна глибина фрезерування кукурудзяного силосу не повинна перевищувати 200 мм. При фрезеруванні не подрібненого трав'яного силосу або сінажу глибину зменшують до 60-80 мм.

Після закінчення навантаження деякий час працюють вхолосту для видалення решток корму із навантажувача, а обрушену масу корму підгрібають бульдозером у зону подальшого забирання.

3.3 Розрахунок продуктивності лінії

Для розрахунку навантажувального агрегату необхідно знати добові потреби кормів для ферми і разовий обсяг їх видачі.

Добову витрату кожного виду кормів визначають за формулою, кг [1, 2, 3]:

$$G_{\text{доб.}i} = \sum_{j=1}^n g_i \cdot m_j, \quad (3.1)$$

де g_i - норма видачі i -го виду корму на одну голову j -ї групи тварин приймають відповідно до кормового раціону, кг;

m_j - кількість тварин у j -ї групі;

n – кількість груп тварин з однаковою нормою видачі даного виду корму.

Таблиця 3.1 - Добова потреба та розподіл силосу по видачах

Вид корму	Добова потреба, кг	1-ша годівля		2-га годівля		3-тя годівля	
		β	$G_{\text{раз}}$	β	$G_{\text{раз}}$	β	$G_{\text{раз}}$
Силос	6843,0	0,30	2053,0	0,40	2737,0	0,30	2053,0
Сінаж	2028	0,50	1014,0	-	-	0,50	1014,0

Процес фрезерування бурта має циклічний характер. Продуктивність фрезерування легко визначити, знаючи обсяг корму v , за період робочого циклу $T_{\text{рц}}$. і об'ємну вагу корму ρ .

$$Q = \frac{v}{T_{\text{рц}}} \cdot \rho \cdot 3,6 \quad (3.2)$$

Обсяг маси, що зрізує від бурта, v за один прохід фрезерного барабана визначиться добутком площі F , укладеної між двома дугами (рис.3.4) однакового радіуса R_0 , на ширину фрезерування B

$$v = F \cdot B \quad (3.3)$$

Виходячи із теоретичних досліджень, які проводились для визначення параметрів машини та технологічного процесу відокремлення та завантаження силосу в транспортні засоби, фрезерування бурта відбувається з певною траєкторією, що відповідає дузі окружності, глибина фрезерування h при цьому є змінною величиною, залежною від кута фрезерування. Знаючи, що величина h (глибина фрезерування) буде залежати від діаметру фрезбарабана ми переходим до технологічних параметрів машини [1, 2, 3, 4, 9].

Середня висота бурта становить 4,2 м.

$$F = 3/4 \cdot 0,56 \cdot 4,2 = 1,74, \text{ м}^2; \quad (3.4)$$

Ширина фрез барабана в машинах такого типу визначається виходячи із виразу

$$B_{\text{бар}} = 2 \cdot D; \quad (3.5)$$

$$B_{\text{бар}} = 2 \cdot 0,56 = 1,12 \text{ м } D.$$

Враховуючи конструктивні особливості фрез барабана ширина фрезерування становитиме

$$B = B_{\text{бар}} + 0,07 \dots 0,1, \quad (3.6)$$

Отже ширина фрезерування виходячи із виразу 3.12 становить

$$B = 1,12 + 0,07 \dots 0,1 = 1,19 \dots 1,22, \text{ м.}$$

Приймаємо $B = 1,2$ м.

Визначимо обсяг маси, що зрізує від бурта, за один прохід фрезерного барабана

$$v = 1,74 \cdot 1,2 = 2,08, \text{ м}^3.$$

Невідомою величиною у формулу (3.2), є величина робочого циклу $T_{р.ц.}$

Робочий цикл складається з робочого ходу (р.х.), зворотного холостого ходу (х.х.) і настановного руху (н.р.).

Тривалість робочого циклу дорівнює:

$$T_{р.ц.} = T_{р.х.} + T_{х.х.} + T_{н.р.} \quad (3.7)$$

де $T_{р.х.}$ - тривалість робочого ходу в сек.

$$T_{р.х.} = \frac{1,56 \cdot 8,1 \cdot 60}{0,005 \cdot 500} = \frac{878}{2,5} = 351,21$$

Ψ – кут фрезерування в радіан,

n - число оборотів фрезерного барабана хв^{-1} ,

S - подача на одні обороти у м,

$R_{ст}$ - радіус стріли в м,

T_{xx} - тривалість холостого ходу в сек.,

$$T_{xx} = \frac{\beta_2 + \beta_1}{\omega_{cm}} \quad (3.8)$$

$$T_{xx} = \frac{90 + 35}{25} = 5$$

де β_1 та β_2 . початковий та кінцевий кут нахилу стріли;

ω_{cm} - кутова швидкість підйому стріли, сек⁻¹.

$T_{н.р.}$ - тривалість настановного руху в сек.

За хронометричним даними час настановного для навантажувачів з тильним розташуванням робочого органа становить, 10-12 сек.

Тривалість робочого циклу дорівнює:

$$T_{р.ц.} = 351,21 + 5 + 12 = 368,3$$

Виходячи із вище визначеного продуктивність лінії забору силосу із траншеї становить:

$$Q = \frac{2,08}{368,21} \cdot 700 \cdot 3,6 = 7,6, \text{ т/год}$$

Комплект машин зазначеної технологічної лінії складається з: колісних тракторів, кормороздавачів і навантажувачів. Через це продуктивність навантажувача повинна бути узгоджена із продуктивністю кормороздавача і забезпечуватися потужністю трактора.

3.4 Визначення споживаної потужності при роботі агрегату

Робота зрізання, що відповідає повороту фрезерного барабана на кут φ для даного положення стріли буде рівною:

$$A = P_{cp} l_k B. \quad (3.9)$$

де l_k - довжина шляху контакту, м;

B - ширина фрезерування, м;

P_{cp} - величина опору різанню, Н/м.

Середнє значення роботи різання (A_{cp}) відповідному середньому куту повороту фрезерного барабана для середнього положення стріли буде дорівнює:

$$A_{cp} = P_{cp} \cdot l_{kcp} \cdot B \cdot K_b \quad (3.10)$$

де l_{kcp} - середнє значення шляху контакту, м;

K_b – коефіцієнт блокування (заторів).

Середня робота фрезерування за один оборот фрезерного барабана визначиться за формулою [1, 2, 3, 4, 9]:

$$R_{ob.cp} = P_{cp} \cdot l_{k.cp.} \cdot B \cdot K_b \cdot Z, \quad (3.11)$$

де Z - число ножів на фрезерному барабані, шт.

Середня робота фрезерування за одиницю часу (хв) буде дорівнює:

$$A_{мин.ср.} = P_{cp} \cdot l_{k.cp.} \cdot B \cdot K_b \cdot z \cdot n \quad (3.12)$$

де n - число оборотів фрезерного барабана, $хв^{-1}$

Середня потужність для зрізання стружки визначиться за формулою:

$$N_p = \frac{P_{cp} \cdot l_{k.cp.} \cdot B \cdot z \cdot n \cdot K_b}{102} \quad (3.13)$$

де v - обсяг зрізаної стружки, m^2 ;

v_ϕ - швидкість фрезерування.

Таким чином, споживана потужність при фрезерування може бути визначена за формулою:

$$N_\phi = \frac{P_{cp} \cdot l_{k.cp.} \cdot B \cdot z \cdot n \cdot K_b}{102} + \frac{v \cdot v_\phi^2}{2 \cdot 102 \cdot 3,6 \cdot 9} \quad (3.14)$$

$$N_\phi = \frac{2400 \cdot 4,2 \cdot 1,2 \cdot 40 \cdot 10 \cdot 0,85}{102} + \frac{2,08 \cdot 25^2}{2 \cdot 102 \cdot 3,6 \cdot 9} = \frac{4112645}{102} + \frac{1298,4}{71604} = 40324,4, Bm$$

Отже, для урухомлення навантажувача силосу потрібно близько 41 кВт енергії, цьому показнику відповідає трактор класу 1,4

3.5 Розрахунок на міцність

Вали випробовують дію напруги вигину та кручення осі – тільки вигину. Постійні по величині та напрямку радіальні сили викликають в нерухомих осях постій напруги, а в обертаючих осях та валах – напругу, яка змінюється по знакозмінному симетричному циклі. Обертаючі разом з осями та валоврівноваженості обертаючих деталей викликає постійну напругу [7, 8, 15 17].

Попереднє визначення вала, необхідне для виконання ескізу вала та послідуєчого основного розрахунку виконується за допомогою емпіричних залежностей чи по умовному розрахунку кручення. Так, діаметр відомого валу кожної ступені циліндричного редуктора вибирають рівним 0,35...0,4 міжосьової відстані ступені. Діаметри шийок колінчастих валів визначають по емпіричним формулам в залежності від діаметра циліндра двигуна; діаметри шпинделів станків в залежності від основного геометричного розміру станка т.п.

При відсутності належних емпіричних залежностей та відносно невеликому впливу вигину потрібно використовувати умовні розрахунки на кручення. Умови міцності на кручення [7, 8, 15 17]

$$T = 9550 \frac{P}{n} \approx 0,2d^3|\tau|,$$

$$T = 9550 \frac{41}{500} \approx 0,2 \cdot 15,5^3 |750|$$

звідки

$$d \approx c \sqrt[3]{\frac{P}{n}}.$$

$$d \approx 1,02 \cdot \sqrt[3]{\frac{41000}{500}} = 1,02 \cdot 4,34 = 4,42, \text{ см}$$

Приймаємо діаметр вала 45 мм.

де T – крутячий момент, Нм; P – встановлена потужність, Вт; n – частота обертання вала, хв⁻¹; d – діаметр вала, см; $|\tau|$ – умовно допустимі напруги при крученні, Мпа; c – коефіцієнт запасу міцності 1,0 – 1,1.

3.6 Обґрунтування комплекту машин

Приготування кормової суміші для поголів'я у 250 корів ця кількість тварин вимагає найбільшого об'єму, а отже для молодняку ці об'єми менші, потрібно мати набір обладнання для кожного процесу та рандомного кормового компоненту.

Приготування кормової суміші відбувається у виконанні чіткої послідовності технологічних операцій [1, 2, 3, 4, 9].

У господарстві приготування кормової суміші відбувається в одній універсальній машині кормоприготувальному агрегаті (КПА), яка виконує операції: транспортування кормових компонентів, одночасне змішування та приготування кормової суміші із дозованим роздаванням її у годівниці тваринам. Залежно від відстані, що потрібно переїжджати, продуктивність КПА може становити 9 м³/год., машини такого типу готують кормову суміш, яка цілком відповідає зоотехнічним вимогам. Однорідність змішування кормових компонентів знаходиться в межах 87 – 96 %, а кількість часточок розміром 20-50 мм - становить 92 %.

Залежно від виду кормів продуктивність при завантаженні знаходиться в межах 3000 – 24000 кг/год.

Приготування концентрованих кормів здійснюють в спеціальному приміщенні, яке обладнане машинами, які здатні готувати корми для всіх вікових груп великої рогатої худоби та свиней.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

4.1. Загальний огляд

Підвищена продуктивність праці в тваринництві, зниження собівартості продукції можливо перш за все при застосуванні на тваринницьких фермах прогресивних методів організації праці і комплексної механізації всіх виробничих процесів [1, 13].

В економічній частині даного проекту подано економічну оцінку машин і обладнання, які експлуатуються в процесі приготування кормових сумішок, в порівнянні із існуючою технологією приготування кормових сумішок в господарстві.

4.2. Техніко-економічні показники

Капітальні вкладення

Основні капіталовкладення в проектуванні технології забору корму із силосних ям складаються із капіталовкладень на обладнання [1, 13].

Капіталовкладення визначаємо за формулою:

$$K = C_{об}, \quad (4.1)$$

де $C_{об}$ – балансова вартість машин і обладнання.

Балансова вартість машин і обладнання:

$$B = K_{\text{тр}} \cdot Ц, \quad (4.2)$$

де $K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, що враховує затрати на транспортування машин і обладнання та їх встановлення, $K = 1,3$;

$Ц$ - преїскурантна вартість машин і обладнання, грн.

Балансова вартість агрегату рівна:

$$B_{\text{пр}} = 1,3 \cdot 124910,0 = 162383,0 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення для агрегату, що проектується складають:

$$K_{\text{пр}} = 162383,0 \text{ грн.}$$

Балансова вартість машин і обладнання існуючої технології приготування корму складає:

$$C_{\text{об.існ.}} = 150970,0 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення для існуючої технології складають:

$$K_{\text{існ.}} = 150970,0 \text{ грн.}$$

Додаткові капіталовкладення становлять [1, 13]

$$K_{\text{дод}} = K_{\text{пр}} - K_{\text{існ.}} = 162383,0 - 150970,0 = 11413,0 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.1 - Балансова вартість машин і обладнання

Марка машин	Кількість машин, шт.		Прейскурантна ціна, грн.	Балансова вартість, грн.	
	Проект	Існуюча технол.		Проект	Існуюча технологія
Існуюче обладнання	-	1	117230,8	-	151870,0
Проектний агрегат	1	-	135910,0	162473,0	-
Всього:				162473,0	151870,0

Річну програму агрегату, що проектується знаходимо за формулою:

$$P_k = T \cdot G_{\text{доб}}, \quad (4.3)$$

де T – число днів роботи агрегату, $T = 250$ днів;

$G_{\text{доб}}$ – добова потреба корму, т;

$$P_{\text{к-пр}} = 250 \cdot 3,65 = 912,5 \text{ т}$$

За даними господарства річна програма для існуючої технології приготування кормів складає:

$$P_{\text{к.існ.}} = 800 \text{ т}$$

Визначення оплати праці

Затрати на оплату праці з врахуванням доплати нарахувань визначаємо по формулі:

$$Z_{\text{о.п.}} = [(T \cdot C \cdot m_1 \cdot t) + (T \cdot C \cdot m_2 \cdot t)] \cdot K_0, \quad (4.4)$$

де T – число робочих днів в рік, $T = 250$ днів.

t – тривалість робочої зміни, год;

K_0 – коефіцієнт, що враховує нарахування, $K_0 = 1,05$;

m_1, m_2 – число операторів і робітників обслуговуючих агрегат, чол.; для агрегату, що проектується $m_1 = 1$, для існуючої технології $m_1=1$,

C – ставка відрядників, $C = 28,12$ грн.

Оплата праці складає:

$$З_{\text{о.п.}} = 250 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 28,12 \cdot 1,05 = 51670,50 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{о.п.існ.}} = 250 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 28,12 \cdot 1,05 = 51670,50 \text{ грн.}$$

Відрахування на амортизацію машин і обладнання

Відрахування на амортизацію машин і обладнання складає 14,2 % від їх балансової вартості:

$$З_{\text{ам.}} = C_{\text{об.}} \cdot 0,142, \quad (5.5)$$

$$З_{\text{ам. пр.}} = 162383,0 \cdot 0,142 = 23058,38 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{ам. існ.}} = 150970,0 \cdot 0,142 = 21437,74 \text{ грн.}$$

Затрати на поточний ремонт і ТО машини і обладнання

Відрахування на поточний ремонт і ТО машин і обладнання складає 18 % від їх балансової вартості:

$$З_{\text{п.р.об.пр.}} = C_{\text{об.}} \cdot 0,18, \quad (5.6)$$

$$З_{\text{п.р.об.пр.}} = 162383,0 \cdot 0,18 = 29228,94 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{п.р.об.існ.}} = 150970,0 \cdot 0,18 = 27174,6 \text{ грн.}$$

Затрати на електроенергію та паливо

Вартість електроенергії визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{ел.}} = 250 \cdot N_{\text{пал.}} \cdot K, \quad (5.7)$$

де N – використана електроенергія та паливо, кВт.год, кг;

$K_{\text{пал.}}$ – вартість одного літра палива, $K = 50,5$ грн.

$$N = N_{\text{дв.}} \cdot t \cdot q, \quad (5.8)$$

де $N_{\text{дв.}}$ – потужність двигунів, кВт;

t – час роботи, год;

q – питомий показник витрати палива гр./кВт.год.

$$N_{\text{існ.}} = 55,0 \cdot 0,24 \cdot 0,6 = 7,92 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{пр.}} = 55,0 \cdot 0,24 \cdot 0,5 = 6,6 \text{ кВт.}$$

$$Z_{\text{палл.пр.}} = 250 \cdot 6,6 \cdot 50,50 = 50325,0 \text{ грн.};$$

$$Z_{\text{пал.існ.}} = 250 \cdot 7,92 \cdot 30,5 = 60390,0 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні затрати

Експлуатаційні затрати обчислюємо за формулою:

$$Z = (Z_{\text{оп.}} + Z_{\text{тон.}} + Z_{\text{ел.}} + Z_{\text{амм.}}) \cdot 1,05 \quad (5.9)$$

$$Z_{\text{пр.}} = (51670,50 + 23058,38 + 29228,94 + 50325,0) \cdot 1,05 = 161996,9 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{існ.}} = (51670,50 + 21437,74 + 27174,6 + 60390,0) \cdot 1,05 = 168706,5 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати на приготування 1 т корму [1, 13]

Експлуатаційні витрати на приготування 1 т корму визначаємо по формулі:

$$C = Z_3 / P_k, \quad (5.10)$$

$$C_{\text{пр}} = 161996,9 / 912,5 = 177,5 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{існ.}} = 168706,5 / 800 = 210,9 \text{ грн.}$$

Степінь зниження експлуатаційних затрат

Даний показник визначаємо по залежності:

$$П_{\text{екс.}} = \frac{C_{\text{існ.}} - C_{\text{пр}}}{C_{\text{існ.}}} \cdot 100\%, \quad (5.11)$$

$$П_{\text{екс.}} = ((210,9 - 177,5) / 210,9) \cdot 100 \% = 15,8 \%$$

Річна економія експлуатаційних затрат

Річна економія експлуатаційних затрат становить

$$E_{\text{екс.}} = (C_{\text{існ.}} - C_{\text{пр}}) \cdot P_k, \quad (5.12)$$

$$E_{\text{екс.}} = (210,9 - 177,5) \cdot 112,5 = 3757,5 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових капіталовкладень визначають за формулою:

$$t = K_{\text{дод}} / E_{\text{ек}}, \quad (5.13)$$

$$t = 11413,0 / 3757,5 = 3,04 \text{ років.}$$

Ступінь зниження затрат праці на приготування 1 т корму

Цей показник визначаємо по формулі:

$$C_{\text{о}} = \frac{g_m}{Q_m} \quad (5.14)$$

де g_m - добові затрати праці в кормоцеху, що проектується, та для існуючої технології приготування кормів:

$$g_m = 1 \cdot 7 = 7 \text{ люд. год}$$

Q_m – об'єм кормосуміші, яка приходить на одну зміну.

$$Q_{m \text{ пр.}} = 3,65 \text{ т;}$$

$$Q_{m \text{ існ.}} = 3,20 \text{ т.}$$

Тоді:

$$Z_{\text{т пр.}} = 7 / 3,65 = 1,92 \text{ люд.год/т.};$$

$$Z_{\text{т існ.}} = 7 / 3,20 = 2,19 \text{ люд.год/т.}$$

Зниження затрат робочого часу буде складати

$$Z_{\text{зн т}} = ((2,19 - 1,92) / 2,19) \cdot 100 = 12,32 \%$$

Продуктивність праці

Продуктивність праці визначаємо за формулою:

де T_{Γ} - річні витрати праці на приготування кормосумішки;

$$T_{\Gamma \text{ пр.}} = 7 \cdot 250 = 1750 \text{ люд.год.};$$

$$T_{\Gamma \text{ існ.}} = 7 \cdot 250 = 1750 \text{ люд.год.}$$

$$P_{\text{пр п}} = 1750 / 912,5 = 1,92 \text{ люд.год./т};$$

$$P_{\text{існ п}} = 1750 / 800 = 2,19 \text{ люд.год./т.}$$

Економія праці

Економія праці в технології, що проектується, складає:

$$E_m = (Z_{m \text{ існ.}} - Z_{m \text{ пр}}) \cdot P_{k \text{ різн.}}, \quad (5.15)$$

$$E_m = (2,19 - 1,92) \cdot 112,5 = 30,4 \text{ люд.год.}$$

Питомі капіталовкладення на приготування 1 т суміші

Питомі капіталовкладення на приготування 1 т суміші знаходимо по формулі:

$$\Pi = Z_{\text{общ}} + E_k \cdot k \quad (5.16)$$

де E_k – нормативний коефіцієнт ефективності, $E_k=0,15$;

k – капіталовкладення.

$$\Pi_{\text{пр.}} = 161996,9 + 0,15 \cdot 162383,0 = 186354,35 \text{ грн.};$$

$$\Pi_{\text{існ.}} = 168706,5 + 0,15 \cdot 150970,0 = 191352,0 \text{ грн.}$$

Приведені затрати на одиницю продукції

Приведені затрати на одиницю продукції визначаємо за формулою:

$$\Pi_1 = \Pi / P_k, \quad (5.17)$$

$$\Pi_{\text{пр.}} = 186354,35 / 912,5 = 204,2 \text{ грн./т};$$

$$\Pi_{\text{існ.}} = 191352,0 / 800 = 239,2 \text{ грн./т.}$$

Степінь зниження приведених затрат

Даний показник визначаємо за залежністю:

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{\Pi_{\text{існ.}} - \Pi_{\text{пр.}}}{\Pi_{\text{існ.}}} \cdot 100\%, \quad (5.18)$$

$$\Pi_{\text{екс.}} = ((239,2 - 204,2) / 239,2) \cdot 100 \% = 14,6 \%$$

Річний економічний ефект

Річний економічний ефект визначаємо по залежності:

$$Б = [(C_{\text{існ.}} + \Pi_{\text{існ.}} \cdot 0,15) - (C_{\text{пр.}} + \Pi_{\text{пр.}} \cdot 0,15)] \cdot P_{\text{к.пр.}} \quad (5.19)$$

$$B = [(210,9 + 239,2 \cdot 0,15) - (177,5 + 204,2 \cdot 0,15)] 112,5 = \\ = (246,78 - 208,13) 112,5 = 4348,13 \text{ грн.}$$

Питома металоємкість та енергоємність

Питому металоємкість та енергоємність визначаємо по формулі

Енергоємність:

$$E = N / Q_k, \quad (5.20)$$

$$E_{\text{пр.}} = 55 / 3,65 = 15,06 \text{ кВт/т};$$

$$E_{\text{існ.}} = 55 / 3,2 = 17,19 \text{ кВт/т}$$

Металоємкість

$$M = G / Q_k \quad (5.21)$$

де G – загальна вага обладнання

$$M_{\text{пр.}} = 2800 / 3,65 = 767,1 \text{ кг/т};$$

$$M_{\text{існ.}} = 2800 / 3,2 = 875,0 \text{ кг/т.}$$

Таблиця 4.2. - Економічна ефективність проекту

Назва показників	Існуючий варіант	Кормозавантажувальний агрегат
Об'єм кормосуміші, т.	800,0	912,5
Капіталовкладення:		
- основні, грн.	150970,0	162383,0
- додаткові, грн.	-	11413,0
Затрати на 1 т суміші:		
- праці, люд/год.т.	2,19	1,92
- експлуатаційні, грн./т.	210,9	177,5
- приведені, грн./т.	239,2	204,2
Металоємність, кг/т.	875,0	767,1
Енергоємність, кВт.год/т.	17,19	15,06
Річний економічний ефект, грн.	-	4348,13
Термін окупності додаткових капіталовкладень, років.	-	3,04
Економія:		
- праці, люд.год.	-	30,4
- експлуатаційних затрат, грн.	-	3757,5

Аналізуючи дану таблицю можна відмітити, що технологію, яку ми проектуємо в порівнянні із існуючою технологією приготування кормів, затрати на приготування 1 т кормів знижуються:

- праці на 12,32 %; - експлуатаційні на 15,8 % - приведені на 14,6 %. Крім цього знизилась енергоємність і металоємність процесу.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ У ТВАРИННИЦТВІ

5.1 Заходи безпеки

1. До роботи на машині допускається тракторист, добре знаючий конструкцію, правила експлуатації та догляду за машиною, викладені в справжній інструкції [10, 11].
2. До початку роботи огляньте всі вузли та кріплення машини і усуньте несправності.
3. Регулювання, змащення і ремонт проводьте при заглушеному двигуні трактора. При виконанні цих робіт навантажувачем встановіть на землю.
4. Не можна знаходитись під піднятим навантажувачем або стрілою, якщо під них не поставлені підпорки.
5. Не очищуйте ножі при обертанні фрезбарабана.
6. Не піднімайте погрузчик у транспортне положення, не вимкнувши вал відбору потужності трактора, так як при цьому виходять великі кути перелому в карданному валу.
7. Заборонено знаходитись у кузові транспортного засобу під час навантаження його силосом або соломою.
8. Не можна знаходитись збоку або спереду фрезбарабанів при роботі навантажувач.
9. Заборонено під час роботи або переїзді ставати на навантажувач.
10. При роботі навантажувач в темний час доби, забезпечити потрібне достатнє освітлення місце роботи і машину.
11. Не залишайте трактор з увімкненим двигуном.
12. Не під'їзжайте до скирти соломи без іскрогасника та вогнегасника.

13. Не можна працювати бульдозером з піднятою ви грузною трубою.
14. Заборонено перевозити навантажувач з піднятою ви грузною трубою.
15. Не працюйте на силосному бурті або скирті соломи, забрудненими сторонніми предметами [10, 11].
16. Не перевозьте навантажувач, не зафіксував стрілу, вивантажувальну трубу та бульдозер.
17. При навантаженні закривайте вікна кабіни трактора.
18. Не вантажте солому з скирти висотою більше 5 метрів.

5.2 Вимоги до причіпних та навісних сільськогосподарських машин

Конструктивне виконання навісних, напівнавісних, монтованих, причіпних, і напівнавісних с. г. машин, агрегованих з різними енергетичними засобами, які складають с. г. агрегат, та здійснення ними функціонального призначення повинні відповідати вимогам ДСТУ 2189-93 [10, 11].

Машини, які при агрегуванні з енергетичним засобом закривають прилади світлової сигналізації енергетичного засобу, мають бути обладнані власними приладами світлової сигналізації.

Машини та (або) робочі органи мають бути обладнані механічними фіксаторами, які утримують їх у транспортному положенні.

Машини, які працюють з соломистими та іншими легкозаймистими матеріалами, повинні бути обладнані пристроями для кріплення первинних засобів пожежогасіння: два вогнегасники (порошковий, вуглекислий), штикової лопати, та швабри. Місце встановлення засобів пожежогасіння повинно бути легкодоступним та забезпечувати знімання засобів без застосування інструментів.

Ріжучі та подрібнюючі робочі органи, які мають великий момент інерції і обертаються після виключення приводу машини, повинні бути обладнані сигналізацією, яка попереджає про небезпеку і діє до повного зупинення робочих органів. Їх загородження повинні мати попереджувальні написи [10, 11].

Технічний стан трактора, самохідних шасі, самохідних та спеціальних машин і знаряддя повинен відповідати ДСТУ 3158-95, ГОСТ 12.2.019-86, ГОСТ 12.2.042-91, ГОСТ 12.2.120-88 та іншим стандартам.

5.3. Аналіз небезпечних ситуацій

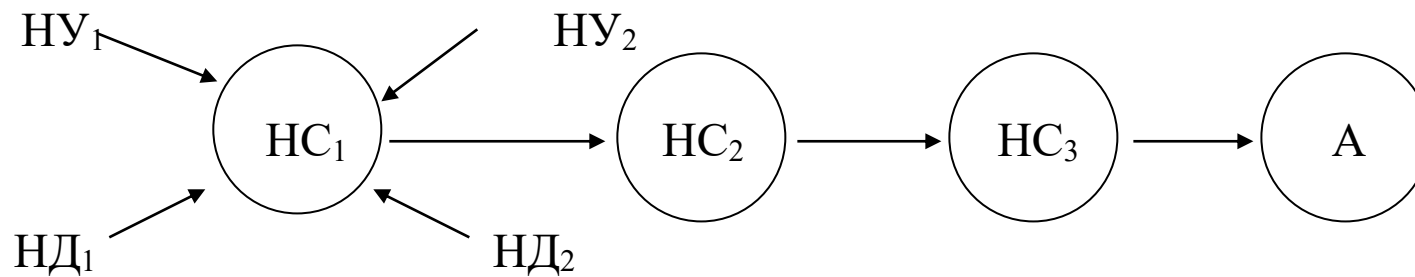
У структурному зображенні процесів формування, виникнення аварій та виробничих трав усі випадкові дії (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події [10, 11].

Початкові події (НУ, НД) виявляють у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві входять до схеми на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу подій [10, 11].

Методом логічного моделювання потенціальних аварійних ситуацій, надається можливість розробити досконалішу систему управління безпекою життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек їх глибокому логічному аналізу і терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій.

У логічній таблиці після кожного описання НУ, НД, НС наводиться логічна модель процесу (табл. 5.1).

Забір силосу із траншеї, рух агрегату по дорозі (МТЗ-80 + агрегат для навантаження кормових компонентів)	Фрез барабан немає захисного кожуха НУ ₁	Водій з'єднав ніж із фрез барабаном без пружинної шайби НД ₁	Від коливань випав болт з отвору з'єднання НС ₁	Аварія	Встановити захисний кожух. Усі трактори, що застосовуються на транспортних роботах повинні бути обладнані дублюючим страхувальним з'єднувальним пристроєм
	Дорога по якій рухається транспортний агрегат, має ями, вибоїни НУ ₂	Агрегат рухається з підвищеною швидкістю НД ₂	Фрезбарабан від'єднався від трактора та створив перешкоду для проїзду НС ₂	Аварія	
			Зіткнувся із зустрічним транспортом НС ₃	Аварія	



ВИСНОВКИ

1. Зроблено аліз виробничо-економічна діяльність господарства, на підставі якого, вказано неправильність забору силоса із ям, оскільки розлихлення шару приводить до окислення корму.
2. Врахувавши конкретних умов господарства, розроблена механізація приготування кормів на фермі ВРХ, яка дозволяє механізувати процес та довести приготування та роздавання кормової суміші за 40 – 65 хв.
3. Обґрунтовано раціональний склад машин до складу якого входить кормоприготувальний агрегат, фрезерний навантажувач на базі ПМЗ-6, та обладнання для приготування комбикормів і визначено потужність на урухомлення навантажувача 41 кВт.
4. При застосуванні запропонованого агрегату збільшиться на 40% швидкість наповнення бункера кормоприготувального агрегату та знизяться енергетичні та матеріальні ресурси на приготування 1 тони кормової суміші на 12,8 %.
5. Порівнюючи існуючу технологію забирання та завантаження силосу, з проектною виявлено, що затрати на приготування 1 т кормів знижуються:
 - праці на 12,47 %;
 - експлуатаційні на 14,9 % - приведені на 12,8 %.Крім цього знизилась енергоємність і металоємність процесу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ревенко І.І., Роговий В.Д., Кравчук В.І., Манько В.М., Чос М.М., Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. – К.: Урожай, 1999. 200 с.
2. Ревенко І.І., Манько В.М., Кравчук В.І., Машиновикористання у тваринництві. – К.: Урожай, 1999. 208 с.
3. Ревенко І.І., Мозоленко Є.М., Чос М.М., Посібник майстра-наладчика обладнання тваринницьких ферм і комплексів. – К.: Урожай, 1992. - 264 с.
4. Затхей Б.І., Довідник слюсаря-наладчика обладнання тваринницьких ферм і комплекті. – Львів: Каменяр, 1984. 160 с.
5. Теорія та розрахунок машин для тваринництва / І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. І.Г. Бойко. – Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2002. 216 с.
6. Машини для тваринництва та птахівництва. Посібник: За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого. 2009. 207 с.
7. Мехпанізація тваринницьких ферм/ Б.П.Шабельник, М.М.Троянов, І.Г.Бойко та ін.; За ред. М.М.Троянова, - Харків, 2002. 208 с.
8. Ревенко І.І., Щербак В.М. Механізація тваринництва. – К.: Вища освіта, 2004. 319 с.
9. Дані бухгалтерсько-економічного відділу природно-економічної діяльності господарства. с. Пшеничне, 2024. – 21 с.
10. <https://nubip.edu.ua/node/4452> ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція»
11. Ревенко І.І., Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва. – К.: Урожай, 1994. - 288 с.
12. Войналович О.В. Безпека виробничих процесів у сільськогосподарському виробництві. / Войналович О.В., Марчишина Є.І., Кофто Д.Г. / - К.: Видавничий центр НУБіП України, 2015. – 418.
13. Лехман С.Д., Охорона праці і пожежна безпека. - К.: Вища школа, 1983. - 168с.

14. Мойсеев П.И. Сравнительный анализ способов приготовления кормов // Техника в сельском хозяйстве. - 1983. - №1. - С. 21-22.
15. Теорія та розрахунок машин для тваринництва/ Б.П.Шабельник, М.М.Троянов, І.Г.Бойко та ін.; За ред. І.Г.Бойка, - Харків, 2002. 216 с.
16. Відомчі норми технологічного проектування. ВНТП – АПК 01.05. Скотарські підприємства. Мінагрополітики України, К.: 2005.- 96 с.
17. Сиротюк В.М. Машини та обладнання для тваринництва. – Львів: Вид. «Магнолія плюс», 2004. 201 с.
18. Машини та обладнання для тваринництва. Посібник-практикум. І.І.Ревенко, О.О.Заболотько та ін. - К.: Кондор, 2012. 564 с.
19. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва/ І.Г.Бойко, В.І.Гридасов, А.І.Дзюба та ін.; За ред. О.П.Скорика, О.І.Фісяченка. – Харків, 2004. 272 с.
20. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва. За ред. Скорика О.П., Полупанова В.М. – Харків: ХНТУСГ, 2009. 429с.
21. Машини та обладнання для тваринництва. Навчальний посібник / В.С. Хмельовський, В.В. Братішко, О.О. Заболотько та ін. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2024. 235 с.
22. Ревенко І.І., Заболотько О.О., Хмельовський В.С., Машиновикористання у тваринництві. - Ніжин, ПП Лисенко М.М. 2015. 326 с.
23. Ревенко І.І., Механізація виробництва продукції тваринництва. – К.: Урожай, 1994. 264 с.
24. Машини та обладнання для тваринництва. Посібник-практикум. І.І.Ревенко, О.О.Заболотько та ін. - К.: Кондор, 2012. 564 с.
25. Машини та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. – К.: Кондор, 2009. - 730 с.
26. Ревенко І.І. та ін. Машиновикористання у тваринництві. - К.: Кондор, 2015. - 268 с.

27. Погорілець О.М., Волянський М.С., Войтюк В.Д. Гідропривід сільськогосподарської техніки. – К.: Вища освіта, 2004. - 368 с.

ДОДАТКИ