

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко–технологічний факультет

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету

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

“ ____ ” _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
охорони праці та біотехнічних систем
в тваринництві
_____ Хмельовський В.С.

“ ____ ” _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: Удосконалення процесу подрібнення зерна з
обґрунтуванням параметрів плющилки**

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

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

_____ (підпис)

Братішко В.В.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

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

_____ (підпис)

Хмельовський В.С.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Хуторянський Ігор Романович
(ПІБ студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

“ ____ ” _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ

Хуторянський Ігор Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна
(код і назва)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Удосконалення процесу
подрібнення зерна з обґрунтуванням параметрів плющилки»

затверджена наказом ректора НУБіП України від “13” 11. 2024р. № 2038 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру _____ 2025.11.08.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Вихідні дані до магістерської роботи:

- Характеристика підприємства і його тваринницької галузі;
- Виробничо-економічна характеристика господарства;
- Структура поголів'я тварин та перспектива розвитку галузі;
- Довідкові дані про машини та обладнання;
- Структура поголів'я ВРХ та перспективи його розвитку;
- Спосіб утримання тварин;
- План ферми та оцінка тваринницьких приміщень;
- Норми та раціони годівлі тварин;
- Стан механізації виробничих процесів.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Дослідити виробничо-економічну характеристику господарства;
- Обґрунтувати комплекс машин для виробничих процесів;
- Дослідження технічного процесу приготування корму;
- Техніко-економічна оцінка запропонованого рішення.

Дата видачі завдання “ 17 ” листопада 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Хмельовський В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Хуторянський І.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота написана на тему: „Удосконалення процесу подрібнення зерна з обґрунтуванням параметрів плющилки”.

Метою написання даної магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення якості отриманої тваринницької продукції (молока) шляхом удосконалення технологічного процесу приготування кормів та удосконалення параметрів плющилки.

Об’єкт дослідження - технологічний процес приготування кормів та процеси пов’язанні із роботоздатністю обладнання.

Предмет дослідження – плющилка зерна для великої рогатої худоби.

Магістерська кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки має 60 листів А4, до якої входять 5 розділів, які містять 6 таблиць, 7 рисунків.

Враховуючи результати дослідів динамічних процесів плющилки розроблено обладнання в якому враховані недоліки серійних машин такого типу. Теоретичні передумови щодо застосування та виготовлення плющилки нового типу викладені в даній роботі.

Конструкційно-функціональна схема плющилки в порівнянні з серійними має більш громомісткий вигляд але запропонована плющилка працює плавно, безшумно, екологічно безпечний та не вимагає особливого обслуговування забезпечує потрібну якість регулювання. Розрахунки показують, що застосування плющилки даної конструкції дозволить отримати значний економічний ефект за рахунок підвищення довговічності експлуатації та меншої затрати витратних матеріалів. Особливого застосування нова плющилка може набути при плющенні зернових кормів при переході на круглорічний однотипний раціон годівлі ВРХ.

Ключові слова: плющилка, зернові компоненти, стискування, щільність, вальці.

ЗМІСТ

Завдання до виконання магістерської кваліфікаційної роботи	2
Реферат	3
Зміст	4
Перелік умовних позначень, символів, одиниць скорочень і термінів	6
Вступ	7
1. Виробничо-економічна характеристика господарства.....	8
1.1. Загальна характеристика господарства.....	8
1.2. Структура поголів'я тварин	9
1.3. Технологія виробництва тваринницької продукції	10
1.4. План ферми і характеристика тваринницьких приміщень	11
1.5. Стан механізації виробничих процесів.....	13
1.6. Обґрунтування теми проекту	14
2. Механізація приготування кормів	15
2.1. Вплив плющеного зерна на раціон годівлі	15
2.2. Схеми потокових технологічних ліній підготовки фуражного зерна	16
2.3. Визначення обсягу робіт кормооб'єкту	20
3. Обґрунтуванням параметрів плющилки кормів	23
3.1. Стан розвитку технологій підготовки зерна до згодовування плющенням	23
3.2. Аналіз процесу плющення зерна	25
3.3. Обладнання для плющення зерна	29
3.4. Обґрунтування параметрів плющилки	33

4. Економічна ефективність проекту	41
4.1. Техніко-економічні показники проекту	41
5. Охорона праці	48
5.1. Загальні вимоги	48
5.2. Аналіз небезпечних ситуацій	51
Висновки	53
Список використаних джерел	54
Додатки	59

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬСКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ВРХ – велика рогата худоба.

МТФ – молочнотоварна ферма.

ПТЛ – потоково-технологічна лінія.

ЩТО – щоденне технічне обслуговування.

m — кількість тварин на фермі, голів;

r – радіус кривизни;

γ - об'ємна вага, (т/м³);

V - середня швидкість руху вальців, м/с;

C_2 - зазор між вальцями, м.

ВСТУП

Тваринництво – це дуже важлива галузь не лише сільськогосподарського виробництва, а й народного господарства держави в цілому, в першу чергу тому, що забезпечує населення країни такими важливими продуктами харчування як молоко, м'ясо, яйця. Крім того, ця галузь постачає промисловість деякими видами сировини. Оскільки вказані потреби зростають, то необхідно здійснювати й постійний розвиток галузі тваринництва. Він можливий лише за умови прискорення науково-технічного прогресу, який, в свою чергу, потребує широкомасштабного технологічного і технічного переоснащення виробництва, завершення комплексної механізації його на основі використання високоефективних комплектів машин та обладнання.

В організації і технології виробництва тваринницької продукції останнім часом відбуваються суттєві зміни. Так, завдяки механізації та автоматизації створюються передумови для значного зменшення затрат праці на виробництво, зберігання й приготування кормів, догляд за тваринами, одержання і первинну обробку продукції. Зростання рівня технічного оснащення тваринницьких підприємств сприяє також впровадженню результатів наукових розробок і передового досвіду, реалізації заходів, що забезпечують істотне підвищення продуктивності тварин та якості вироблюваної продукції, високу технологічну і економічну ефективність виробництва.

РОЗДІЛ 1

ВИРОБНИЧО-ЕКОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

1.1. Загальна характеристика господарства.

Сільськогосподарське товариство СТОВ «Зоря» з обмеженою відповідальністю було створене в 1998 році на території с. Висипівці Волинської області і розташоване за адресою: с. Висипівці, Ковельського району, Волинської області [2].

Природнокліматичні умови господарства є сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур. СТОВ «Зоря» знаходиться в помірному кліматичному поясі, в Поліській зоні

Середньорічна температура повітря становить 5,5...6° С. Найхолодніший місяць – січень. Абсолютний мінімум температури -34° С. Найтепліший місяць року – липень (середньомісячна температура +20...+28° С, абсолютний мінімум температури +10° С, а максимум - +39° С.

Вітри переважають північно-західні та північні.

Територія земельних угідь в основному є рівнинною з незначними нерівностями. Землі сільськогосподарського товариства в основному складають чорноземні ґрунти.

Склад ґрунту підходить для вирощування дуже багато видів сільськогосподарських культур. Отже, природнокліматичні умови дають змогу господарству виробляти багатогалузеву продукцію [2].

Товариство розташоване на території Селецької сільської ради і включає в себе три населених пункти: с. Висипівці, с.Селець і с. Мар'янове.

Віддаленість центральної садиби до найближчої автомобільної дороги - 1 км., до залізничної станції - 3 км., до пункту реалізації продукції м. Ковель - 15 км. Віддаль до районного центру м. Ковель становить 15 км., а віддаль до обласного центру м. Луцька - 46 км [2].

У складі СТОВ «Зоря» є такі виробничі підрозділи: машинно-тракторний парк, молочно-тваринницька ферма і рослинницька бригада.

Господарство спеціалізується на виробництві: молока і м'яса, вирощуванні зернових культур, цукрового буряка, тому ця продукція дає найбільший прибуток даному господарстві.

1.2. Структура поголів'я тварин

В даний час в господарстві нараховується 970 голів ВРХ, в тому числі дійний склад становить 510 голів [2].

Таблиця 1.1.

Наявність тварин в господарстві

Поголів'я	На 01.01.2025	Перспектива
ВРХ всього	970	984
В тому числі: корови	510	520
на відгодівлі	460	464
свині	260	350

Господарство розбите на два відділи, на кожному з яких розміщено склад ферми. На фермі першого відділу утримуються дійні корови і молодняк. На другому відділі господарства зосереджена свинна ферма.

Середньодобовий надій молока від однієї корови складає 10 – 14 літрів молока [2].

Середньодобовий приріст ВРХ – 400 гр.

Середньодобовий приріст свиней – 610 гр.

Приріст обумовлений в основному кормовою базою.

1.3. Технологія виробництва тваринницької продукції

В зимовий період дійні корови і ВРХ на відгодівлі утримуються в стійлах на прив'язі.

Для фіксації тварин використовують індивідуальну привязь ОСК-25.

В літній період тварини знаходяться в літніх таборах.

Для підстилки використовують солому, попередньо подріблену фуражиром.

Видалення гною з приміщень здійснюється за допомогою транспортерів КСГ-7 і КСГ-8, попередньо згрібши його вручну у жолоби, де розміщений транспортер [2].

Напування здійснюється індивідуальними напувалками ПА-1А. Приготування кормів здійснюється в кормоцеху. Корм роздається у годівниці мобільними роздавачами КТУ-10А [2].

Облік видоєного молока також ведеться за допомогою мірників молока марки ММ.00.00120.

Для очистки і охолодження молока використовують очисники ОМ-1А.

Тимчасове зберігання з одночасним охолодженням проводять за допомогою 4 резервуарів РПО-2,5 [2].

1.4. План ферми та оцінка тваринницьких приміщень

На генеральному плані ферми виділені спеціалізовані загони: виробнича, кормова, санітарна, зона відпочинку і інші.

В склад ферми ВРХ входять основні і допоміжні будівлі і споруди: корівники, телятники, родильне відділення, пункт штучного осіменіння корів, будинок ветеринарного призначення і будинок тваринників, кормоприготувальні приміщення, вигульно-кормові двори.

На фермі побудовані споруди інженерного типу (водопроводу, електромережі), навіси для зберігання грубих кормів, траншеї для силосу і сінажу, гноєсховище і інші [2].

Побудовані також внутрішньофермерські двори, площадки з твердим покриттям і огорожа по периметру ферми.

Приміщення для утримання корів побудовані з розрахунку на 100 голів, при двохрядному і на 200 голів при чотирьохрядному їх розміщенні.

Вздовж кожного ряду стійл розміщені кормові проходи, а також транспортери для видалення гною.

Корови в рядах стійл розміщені головами одна до одної і ширина кормового проходу між годівницями розрахована на проїзд трактора з кормороздавачем КТУ-10А. Довжина стійла для корови становить 1,8 метра.

Для забезпечення тварин водою в жолобі змонтована одна автонапувалка ПА-1А на 2 корови [2].

Родильне приміщення для телят до 20-ти денного віку розраховане на утримання 12% корів від загального поголів'я на фермі, причому кількість місць для корів і телят однакова.

Телятники розраховані на утримання 300 голів молодняка від 20-ти денного до 6-ти місячного віку. Телятники обладнані груповими станками, які розміщені в два ряди.

Молочне відділення ферми прибудоване до корівника і розраховане на приймання, очищення і охолодження молока. Це приміщення в холодну пору року опалюється і цілий рік забезпечується гарячою водою.

Пункт штучного осіменіння корів розміщений у відповідності до корівників з розрахунку найближчого і зручного шляху до нього тваринам.

Ветеринарний пункт розміщений на території ферми з врахуванням „Рози вітрів”. На пункті знаходиться манеж для огляду тварин і надання їм невідкладної допомоги, кімната для ветаптекаря.

Будинок для обслуговуючого персоналу розміщений при вході на ферму. В ньому знаходиться кімната для зооветспеціалістів і профілакторій.

В'їзд і виїзд на територію ферми контролюється [2].

На території ферми є зелені насадження, які значною мірою покращують мікроклімат приміщень, знижують запиленість і мікробну забрудненість приміщень повітря.

Навіси для грубих кормів, траншеї для силосу і сінажу розміщені на території кормової зони.

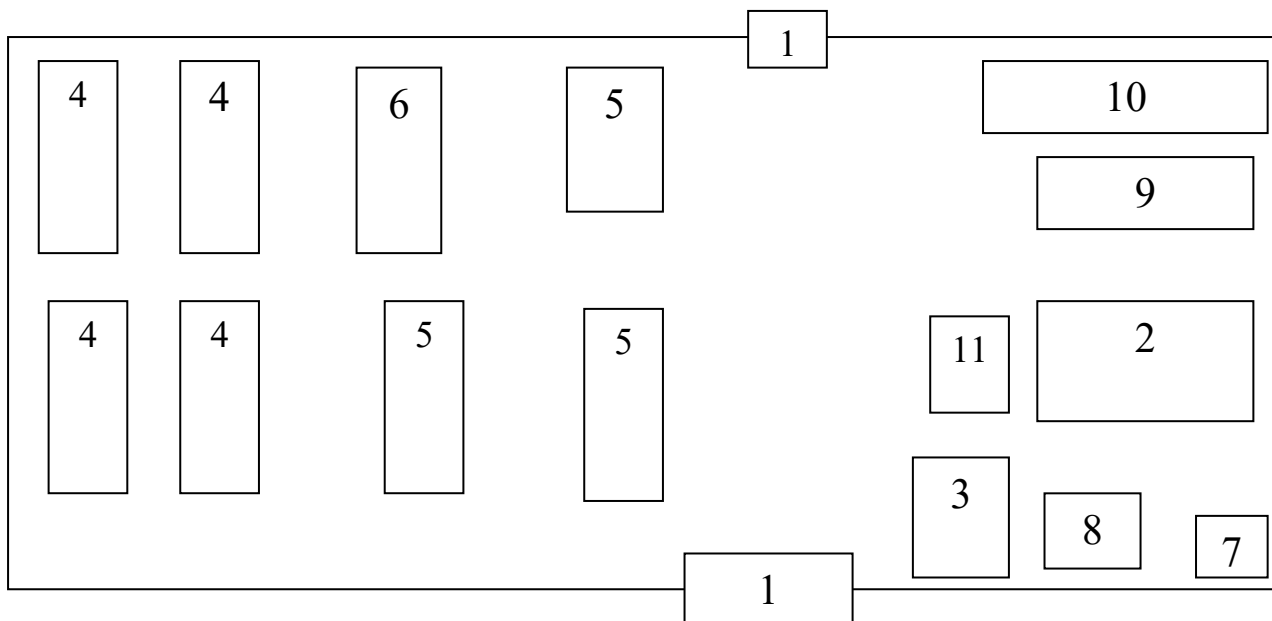


Рис. 1.1 - План ферми

1 - Санітарно-пропускний пункт; 2 - Приміщення для зоотехніків і ветеринарів; 3 - Клас для інструктажу; 4- Корівник; 5 - Телятник; 6 - Корівник родильне відділення; 7 - Водонапірна вежа; 8 - Майстерня; 9 - Сховище КБП; 10 - Силосна яма; 11- Кормоцех.

1.5. Стан механізації виробничих процесів

На молочно-тваринній фермі (МТФ) господарства механізовані наступні технологічні процеси:

- приготування і роздавання кормів;
- напування тварин;
- видалення гною з приміщень;
- доїння корів;
- первинна обробка молока та тимчасове його зберігання.

Для цього відповідно використовується наступне обладнання та машини:

- мобільні кормороздавачі КТУ-10А;
- напувалки ПА-1А;
- скрябковий транспортер ТСН-160А; ТСН-3Б;
- доїльні установки АОМ-8А; ДАС-2В;

- очисник охолодник ОМ-1А;
- резервуар охолодник РПО-2,5.

Ефективність механізації виробничих процесів на молочно-тваринній фермі господарства недостатня [2].

Це обумовлено, в основному, незадовільним технічним станом машин та відмовлення, які в більшості випадків відпрацювали свій ресурс, відсутність запасних частин до них. Кількість окремих машин і обладнання для механізації деяких процесів не відповідає потребам виробництва. Потенціальні можливості окремого обладнання використовується не повністю. Окремі морально застарілі.

Влітку корови розміщуються на вигульних майданчиках біля корівників. Напування корів здійснюється напувалками, що розміщені в приміщеннях корівників.

Напування корів здійснюється малопродуктивними напувалками, що несе за собою негативний вплив на тварину і вимагає значних затрат праці на обслуговування і ремонт обладнання [2].

1.6. Обґрунтування теми магістерської кваліфікаційної роботи

З аналізу господарської діяльності видно, що господарство має розвинуте тваринництво, основною продукцією якого є молоко і м'ясо.

Для забезпечення високої продуктивності тварин необхідно використовувати інтенсивні технології, шляхом впровадження у виробництво високопродуктивних машин і комплексів.

В даний час в господарстві кількість та номенклатура окремих машин і обладнання для механізації деяких процесів не відповідає потребам виробництва.

Отже зроблено висновок, що одним з головних технологічних процесів – приготування кормів для тварин потребує модернізації з врахуванням перспективних засобів механізації для виконання окремих операцій даного процесу [2].

В зв'язку з цим для магістерської кваліфікаційної роботи вибираємо тему, яка передбачає удосконалення технологічного процесу приготування кормів та параметрів плющилки.

РОЗДІЛ 2

МЕХАНІЗАЦІЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ

2.1. Вплив плющеного зерна на раціон годівлі

Плющене зерно - це зерно, яке було механічно подрібнене або розплющене, щоб зробити його більш доступним для травлення тваринами. Цей процес може покращити перетравлення та засвоєння поживних речовин, що може призвести до покращення продуктивності тварин [1, 3, 5, 12, 14, 19, 20, 22].

Переваги плющеного зерна:

- **Покращене перетравлення:** плющене зерно має більшу площу поверхні, що полегшує ферментам розщеплювати його на більш дрібні молекули, які можуть бути поглинуті тваринами. Це особливо важливо для тварин з обмеженою травною системою, таких як молоді тварини або тварини з певними захворюваннями.
- **Збільшене засвоєння поживних речовин:** коли зерно подрібнюється, воно розкриває ендосперм, де містяться більшість поживних речовин. Це полегшує тваринам доступ до цих поживних речовин і їх засвоєння. Це може призвести до покращення приросту ваги, покращення стану шерсті, зміцнення імунної системи та зменшення захворювань [21, 40].
- **Поліпшення здоров'я тварин:** дослідження показали, що годівля плющеним зерном може призвести до покращення загального стану здоров'я тварин. Це може включати збільшення приросту ваги, покращення репродуктивної здатності, зменшення захворюваності та смертності [20, 32].

Недоліки плющеного зерна:

- **Збільшення витрат:** плющення зерна може призвести до збільшення витрат, оскільки для цього потрібне спеціальне обладнання. Це може бути проблемою для невеликих фермерів або фермерів з обмеженим бюджетом.
- **Зменшення терміну зберігання:** плющене зерно має менший термін зберігання, ніж ціле зерно, оскільки воно більш схильне до псування. Це

може бути проблемою, якщо зерно не використовується одразу або якщо воно не зберігається належним чином [26, 44].

Вплив плющеного зерна на раціон годівлі залежить від ряду факторів, включаючи:

- **Вид тварини:** деякі тварини, такі як свині та кури, краще засвоюють поживні речовини з плющеного зерна, ніж інші, такі як велика рогата худоба. Це пов'язано з тим, що травні системи цих тварин краще пристосовані до перетравлення подрібненого корму [2, 41, 42].
- **Якість зерна:** якість плющеного зерна важлива, оскільки неякісне зерно може містити цвіль або бактерії, які можуть бути шкідливими для тварин. Важливо купувати плющене зерно у надійного постачальника і зберігати його в прохолодному, сухому місці.
- **Спосіб годівлі:** плющене зерно слід годувати тваринам свіжим і в належній кількості. Якщо зерно не буде з'їдено одразу, його слід видалити, щоб запобігти псуванню.

2.2. Схеми потокових технологічних ліній підготовки фуражного зерна

Виробничий цикл у тваринництві починається із заготівлі кормів і закінчується відвантаженням готової (кінцевої для даного підприємства) продукції. Вже давно у тваринництві перейшли від механізації окремих (трудомістких) процесів до механізації комплексної. Комплексна механізація та автоматизація виробництва передбачає потокове виконання операцій всіх вказаних процесів взаємоузгодженими комплектами машин та обладнання.

У спрощеному варіанті схема потокової лінії має вигляд ланцюга, який складається з елементарних ланок, в кожену з них надходить потік подачі, а виходить з неї потік витрат [23, 24].

Особливість поточкових ліній у тваринництві полягає в тому, що режим роботи цих ліній визначається не лише технічними засобами, а й тваринами. Вплив останніх не постійний, а випадковий, Цим спричиняється суттєва нерівномірність режиму роботи поточкових ліній.

Поточкові лінії і методи організації виробництва та пов'язано з ними спеціалізація тваринницьких підприємств сприяють запровадженню більш досконалих технологій, технічних засобів і організації праці, що, в свою чергу, створює передумови скорочення тривалості виробничих циклів, зниження собівартості продукції та підвищення її якості [42].

Аналіз виробничих процесів по переробці зернових матеріалів в господарствах показує, що більшість поточно-технологічних ліній базується на переробці одного компонента. Вище було вказано, що приготування окремого зернового компонента, як за витратою кормової сировини так і за фактичною продуктивністю тварин не є раціональним. В порівнянні з першою технологією, вона передбачає наявність декількох накопичувачів вихідних компонентів (відповідно до складу одержаної сумішки), змішувача, обладнання для приготування добавок або бункера для зберігання завезених добавок, пристрою для дозованого введення цих добавок в змішувач [14, 19, 20].

При приготуванні комбікормів більш відповідають умовам одержання однорідних сумішок – порційні змішувачі, проте в порівнянні з змішувачами бункерної дії вони уступають по металомісткості і продуктивності поточної лінії, так як передбачають циклічне ведення процесу. Це дає змогу значно спростити виробництво, зменшити металомісткість комплексу обладнання за рахунок виключення окремої машини – порційного змішувача. З іншого боку через короткочасність періоду змішування та обмежених об'ємів доз, що змішуються, сукупно в дробарці та конвеєрах подачі зерна в камеру подрібнення і виведення готового продукту не можна досягти високої однорідності сумішок [21, 24, 25].

Якщо в поточковій лінії крім механічних пристроїв можуть використовуватись і ручні процеси при невеликих обсягах робіт, то в схемах слід

закладати лише механізовану подачу зерна і виведення продукту, а за певної компоновки передбачити також наявність проміжних конвеєрів.

Як на позитивні ознаки цієї технології слід вказати на можливе зменшення металокопункцій через відсутність бункерів-накопичувачів, замість яких використовується напільне зберігання зерна в засіках; подачу зернових компонентів від місць забору до змішувача полюбій конфігурації шляху переміщення, що створювало б певну складність при застосуванні механічних конвеєрів; а також супутнє очищення зерна як від важких (метал, каміння) так і від легких (мінеральний пил, соломисті часточки) домішок. Причому таке очищення не потребує складного спеціального обладнання; в пневмопотоках використовуються прості уловлювачі та циклони. Крім того, використання пневмотранспорту дозволяє герметизувати шляхи переміщення сировини та продуктів помелу, що значно поліпшує санітарно-гігієнічно умови роботи обслуговуючого персоналу [26, 30, 33, 34, 40].

Переробка зерна в пластівці згідно існуючих технологій. В обов'язковому порядку вона включає операції накопичування зернового компоненту, подачу його до пропарювача, пропарювання, плющення і вивантаження пластівців. За такою технологією працюють вітчизняні агрегати ПЗ-3А та ПЗ-8, а також багато зарубіжних. Відділення механічних домішок відбувається в процесі транспортування до пропарювача магнітними сепараторами. Дозування подачі сировини в пропарювач здійснюється по комбінованому принципу: положенням шиберної заслінки на вході в завантажувальний конвеєр з приямку та шляхом періодичного відключення конвеєра датчиками рівня, встановленими в пропарюючій колонці [23, 41].

Одержані за такою технологією пластівці є монокормом, що в подальшому використовується як компонент при приготуванні розсипних сумішок, на основі стеблових і коренеплодів для великої рогатої худоби, або вологих мішано для годівлі свиней.

Для приготування зернових сумішок із пластівців пропонується структурна схема потокової лінії. В порівнянні з схемою призначеною для переробки

окремого зернового компоненту, вона доповнена накопичувачами для кожного компоненту, засобами забору і подачі компонентів з дозуючими пристроями, порційним змішувачем обладнанням для приготування суміші добавок (БМВД) і дозованої подачі їх змішувача. Так як приготування сумішок всіх компонентів проводиться в натуральному вигляді (до волого-теплової обробки і плющення), то при подальшій переробці в пластівці зберігається їх однорідність і уникаємо можливість руйнування цілісності плющеного матеріалу. В своїй структурі вона врахує всі позитивні сторони, з однієї сторони приготування комбікормів, а з іншої переробки зерна в пластівці. Разом з тим успішне впровадження запропонованої технології ставить необхідність вирішення цілого ряду питань організаційного, технічного та біотехнологічного напрямку [14, 20, 21, 25].

2.3. Визначення обсягу робіт кормооб'єкту

Оскільки нам відоме поголів'я тварин із табл. 1.3. і на підставі прийнятого добового раціону кормів зазначених у табл. 2.1. проведемо розрахунок в потребі їх на добу.

Добову потребу кожного виду корму в найбільш напружений зимовий період утримання тварин знаходимо за формулою [3, 6, 14, 15, 17]:

$$Q_{\text{доб.}} = m_1 a_1 + m_2 a_2, \quad (2.6)$$

де m_1, m_2 - кількість тварин кожного виду ;

корів – 520 голів, на відгодівлі – 464.

a_1, a_2 – добова норма корму на одну голову, кг/добу.

Потреба корму на добу

Вид корму	Кількість кормів, кг на добу			
	Корови, кг		Нетелі, кг	
	на голову	на поголів'я	на голову	на поголів'я
1. Сіно	4	2080	2	928
2. Солома зернова	4	2080	2	928
3. Силос кукурудзяний	20	10400	10	4640
4. Коренебульбоплоди	12	6240	6	1332
5. Концентровані (плющені) корми	3	(1560)	1,5	2784
6. Поживні розчини	1	520	1	464
Всього	44	22880	22,5	10440

Сіно для не великих тваринницьких ферм рекомендовано згодовувати в натуральному виді, у нашому випадку та із врахуванням тенденцій, які впроваджуються у сучасному кормоприготуванні ми його включаємо у склад кормової суміші [1, 4].

Відповідно до розпорядку дня прийнятого в господарстві і процентного відношення корму на кожну годівлю визначаємо його кількість на кожну годівлю. Потрібно врахувати те, що солону згодовують тільки ранком і ввечері, сіно готують при обідньому згодовуванні кормових компонентів при цьому доля компонентів від добового об'єму кормів складає по 33,3 %, добової норми [4, 14, 15, 17].

$$Q_p = Q_k \cdot б, \quad (2.7)$$

де Q_p – кількість корму на кожну годівлю, кг ;

$б$ – доля кормів, що припадає на одну годівлю, %

Продуктивність ліній підготовки кормів до згодовування визначаємо за формулою:

$$Q_l = Q_{раз} / T_{доп.}, \quad (2.8)$$

де $Q_{\text{раз}}$ – разова кількість корму, кг ;

$T_{\text{доп.}}$ – допустима тривалість роботи ліній, год.

Таблиця 2.2.

Визначення разової видачі кормів

Назва корму	Добова потреба, кг	I годівля		II годівля		III годівля	
		%	кг	%	кг	%	кг
Сіно	2080	33,33	693	33,4	694	33,33	693
Солома	2080	33,33	693	33,4	694	33,33	693
Силос кукур.	10400	33,33	3466	33,4	3468	33,33	3466
Коренеплоди	6240	33,33	2079	33,4	2082	33,33	2079
Конц.корм. (плющені)	1560	33,33	519	33,4	522	33,33	519
Поживні розчини	520	33,33	173	33,4	174	33,33	173
Всього:	22880	-	7623	-	7634	-	7623

Відомо, що основною машиною кормоприготувального об'єкта, який працює в безперервному режимі є подрібнювач – змішувач безперервної дії, відповідно продуктивність усіх ліній буде залежати від продуктивності останнього [15, 17, 43, 45].

РОЗДІЛ 3.

ОБГРУНТУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ПЛЮЩИЛКИ КОРМІВ

3.1. Стан розвитку технологій підготовки зерна до згодовування плющенням

Технологічні процеси плющення зерна в комбінації з обробкою теплом та вологою базуються на використанні як вихідного матеріалу фуражного зерна кондиційної вологості, тобто не вище 14% [3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 43, 45].

Зволоження зерна з наступним плющенням включає операцію обробки його водою безпосередньо в бункерах чи шнеках-змішувачах перед закладенням в відволожуючі місткості, де зерно витримується на протязі 24 годин, а після того направляється в плющилку. Характеризуючи кормову цінність такої обробки можна послатись на порівняльну оцінку згодовування тваринам сухо-вальцованого та попередньо замоченого зерна.

Запарювання зерна при атмосферному тиску з наступним плющенням в кормовиробництві існує біля 30 років і до цього часу ця технологія добре апробована практикою. Суть її заключається в тому, що сухе зерно подається в зволожувальну камеру, де піддається дії гарячого пару при температурі 95-99⁰С на протязі 20 хв. і зволожується до 18-20%. Після чого зерно плющиться. В деяких випадках для рівномірного прогрівання зерна і просушування поверхні вальців їх температура підтримується на рівні температури в камері пропарювання [15, 17, 43, 45].

На якість приготовленого корму суттєво впливає період обробки. Із збільшенням періоду понад 20 хв. спостерігається погіршення споживання корму внаслідок надмірного підвищення желатинізації.

Запарювання зерна під тиском з проміжним підсушуванням, на відміну від попереднього способу, включає пропускання запареного зерна через потік теплого повітря перед плющенням. Завдяки зменшенню вологості зернової

оболонки пластівці краще зберігають свою форму і більш придатні для тривалого використання [14, 15, 17, 21, 43, 45].

Флакування зерна подібне до об'ємного запарювання з плющенням. Відмінністю способу є просушування пластівців до 13-15% вологості після виходу із вальців. Флакуванню придатне зерно кукурудзи, ячменю, вівса та пшениці.

Піджарювання зерна в герметичних місткостях дає хороші результати. Спосіб базується на двох вихідних умовах: ціле зерно кондиційної вологості містить від 10 до 14,5% води і вкрите суцільним алейроновим шаром (оболонкою). При такій обробці зерно нагрівається до температури 125-135⁰С, при цьому внутрішня волога в зерні перетворюється в пар і крохмальні зерна обробляються цим паром. Крім того надлишок вологи сприяє підвищенню тиску в герметизованій камері, тобто процес відбувається також під дією фактора тиску, що сприяє прискоренню біохімічних перетворень в зерні. В подальшому, оброблене зерно пропускається через вальці і перетворюється в пластівці. Так як вологість зерна втрачається на 4-5%, то такий продукт після охолодження може довготривало зберігатись без підсушування [12, 15, 17, 18, 43, 45].

Описані технології переробки зерна показують, що всі вони мають суттєву перевагу перед звичайним подрібненням і дозволяють одержувати більший вихід продукції на одиницю затраченого корму. Як переробну машину всі способи передбачають використовувати зернову плющилку.

3.2. Аналіз процесу плющення зерна

Процес плющення зерна можна розглядати як сукупність дій на кормовий матеріал, який виконується шляхом прикладання сили в одному лінійному напрямку і відсутності обмежень по двох інших перпендикулярних напрямках трьохмірного простору, при якому відбувається фізичне руйнування внутрішньої структури частинок корму, а загальна цілість матеріалу зберігається, тобто він не розподіляється на частинки [15, 16, 17, 28, 43, 45].

При плющенні відбувається деяка зміна загальної поверхні зерна шляхом розкати, але основні поверхні з'являються всередині зерна. Практично всі

крохмальні зерна руйнуються і внутрішня частина пластівців має величезну кількість скважин, що при споживанні корму тваринами підсилює проникання рідкої фази (травних соків) в середину пластівців.

При руйнуванні зерна загальна робота складається із двох частин: роботи на подолання пружних деформацій (A_v) і роботи на утворення нових поверхонь (A_s). Коефіцієнт корисної дії технологічного процесу (η) можна виразити як відношення роботи на утворення нових поверхонь до загальної роботи

$$\eta = A_s : A_s + A_v \quad (3.1)$$

Із зменшенням A_v ефективність процесу руйнування зростає. Робота на подолання пружних деформацій характеризує міцнісні властивості матеріалів і зв'язана зворотньою залежністю з його так званою “податливістю”. Податливість зерна можна виразити через граничні величини міцності. Тому з точки зору загальних енергозатрат процес плющення зерна доцільно розглядати в комплексі з іншими сукупними процесами переробки зерна, наприклад з підвищенням вологості в зерні зростають пластичні властивості, що сприяє покращенню податливості. Ті ж явища мають місце при підвищенні температури оточуючого середовища і тиску. На зміну податливості матеріалу впливає також проведення попереднього грубого руйнування. Тому серед вальцевих машин зустрічаються трьохвальцеві та чотирьохвальцеві системи. Крім того в літературних джерелах зустрічаються повідомлення, що при багатократній дії на зерно підвищуються його кормові достоїнства [20, 21, 25, 31, 37, 43, 45].

З іншого боку підвищувати коефіцієнт корисної дії плющення можна шляхом збільшення роботи A_s , тобто руйнувати зерно необхідно з максимальною перенапругою. Так підвищення питомих зусиль при деформації зерна в плющильній зоні може бути одержано зменшенням площі контакту робочого органу з матеріалом, що руйнується, тобто нанесенням на плющильну поверхню рифлів.

Збільшення швидкості робочого органу приводить до зростання динамічної дії на матеріал. Суттєвий вплив динамічного фактору руйнування настає при періодах дії робочого органу в межах $(1 \dots 5)^{-5}$ с, тобто в зоні ударних явищ, що на шкалі швидкостей розташовано в 3-5 разів далі, ніж прийнята в плющилках колова швидкість вальців. – 6...10 м/с. Збільшення швидкості може дещо понизити зусилля в зоні плющення, але підвищення колової швидкості вступає в протиріччя з умовами защемлення матеріалу.

Таким чином, виходячи з суті процесу плющення зерна його інтенсифікація може виконуватись за такими напрямками:

- забезпечення максимальної кількості нових внутрішніх поверхонь всередині плющеного зерна;
- виконання роботи з максимальною перенапругою;
- поліпшення податливості зерна;
- забезпечення концентрації контакту в зоні плющення;
- створення поверхонь, що мають підвищений кут защемлення;
- застосування високих швидкостей дії на зерно.

Пристрої для плющення зерна створюють мінімально дві протилежно направлені сили, одна з яких динамічна, а друга може бути статичною (нормальна реакція) або інерційною.

В зоні з малими швидкостями існуючі пристрої можуть працювати з лінійним, площинним або просторовим рухом робочих органів.

Недоліком першого типу пристрою – з лінійним прикладанням навантаження є циклічність його роботи, а відповідно нерівномірність навантаження на привід і невисока продуктивність [38, 43, 44].

Другий тип включає два варіанти: з зворотною направленою кривизною (вальцеві поверхні) та із знакопостійною кривизною (кільцево-роликові поверхні). Майже всі відомі в світі промислові зразки зернових плющилок – це вальцеві машини. Це дає можливість підвищити швидкості робочих органів, а друга дозволяє за рахунок відцентрової сили притискання зерна до внутрішньої поверхні кільця вводити в зону плющення матеріал із швидкістю, що дорівнює

швидкості плющення, тобто збільшити насичення плющильної зони зерном [15, 17, 43, 45].

Важко знайти інші фізичні явища, в яких мінімальними засобами досягались би такі результати, як при ударі. Руйнування в тілі відбувається в результаті проходження в ньому хвиль напруг, які перевищують по своїй величині гранично-допустимі порогові зусилля опірності елементів матеріалу. При використанні двох плющильних поверхонь необхідно прикласти поперечні чи повздовжні (по орієнтиру до твірної циліндра) коливання одному із вальців. Такі властивості має віброудар, тобто повинні бути застосовані систематичні високочастотні удари.

Суттєвий вплив на показники процесу плющення зерна, особливо на наш погляд при переробці зерноsumішок, має наявність на вальцях рифів. Що стосується запропонованих деякими авторами оригінальних форм валків (конічні, овальні, сферичні), то незважаючи на деякі їх переваги по забезпеченню локального диференціалу на плющильних поверхнях.

Плющення зерна входить складовою частиною в загальний комплекс процесів підготовки зерна, що передують плющенню: зволоження, пропарювання, обробка гарячим повітрям чи інфрачервоними променями, піджарювання в закритих ємностях. Всі названі операції виконуються при певному періоді розриву з плющенням. Здійснена спроба об'єднати операції теплової обробки і плющення, наприклад шляхом проведення плющення зерна гарячими вальцями. Нагрів зерна в тонкому шарі при його переміщенні в плющильній зоні різко збільшується інтенсивність теплопередачі, що приводить до підвищення вмісту цукрів до 22%. Суттєвим недоліком такого способу є низка швидкохідність вальців, яка не дозволяє одержати потрібну продуктивність машини [15, 17, 43, 45].

Під дією пари при кондиціюванні комбікормова сумішка зволожується з 12–14 до 15–16 %, частинки корму набувають відповідної в'язкості і пластичності, в процесі пресування маса нагрівається до 75–90 °С і відбувається часткова декстринізація крохмалю зерна. Процес гранулювання протікає ефективніше при

дрібному подрібненні, оскільки при цьому коефіцієнти тертя менші, ніж при крупному.

Найсприятливіші умови для гранулювання комбікормів створюються у випадку обробки їх парою тиском 0,25–0,4 МПа (витрата 0,4–0,5 кг на 1 кг корму). Допустима обробка парою під тиском 0,07 МПа, однак продуктивність гранулятора і якість гранул знижуються.

Якщо вологість маси більше 16 %, внутрішньокліткова волога робить частинки пружними і вони гірше спресовуються. Поверхнева волога сприяє кращому зближенню частинок і їх ущільненню, особливо при кондиціюванні парою або при наявності пристроїв активного перерозподілу зволожувача [1, 5, 12, 17, 43, 44, 45].

3.3. Обладнання для плющення зерна

Плющилка валкова (рис. 3.1) застосовується для плющення зернових, бобових і технічних сільськогосподарських культур та приготування з них пластівців. Зернові компоненти можуть бути, як в сухому так і з підвищеною вологістю стані [15, 17, 26, 43, 45].

Плющилка складається (рис. 3.1) із корпусу, вальця, регулювального вальця, бункера, регулювальної заслінки, магнітного сепаратора, чистика, механізму регулювання зазору між вальцями, електродвигуна, клинопасової передачі.

Завантажувальний бункер 4, призначений для накопичення зерна, дозовану подачу зерна забезпечує регулювальна заслінка 5, за допомогою якої регулюють продуктивність плющили [19, 20, 21, 24, 25, 26, 30, 45].

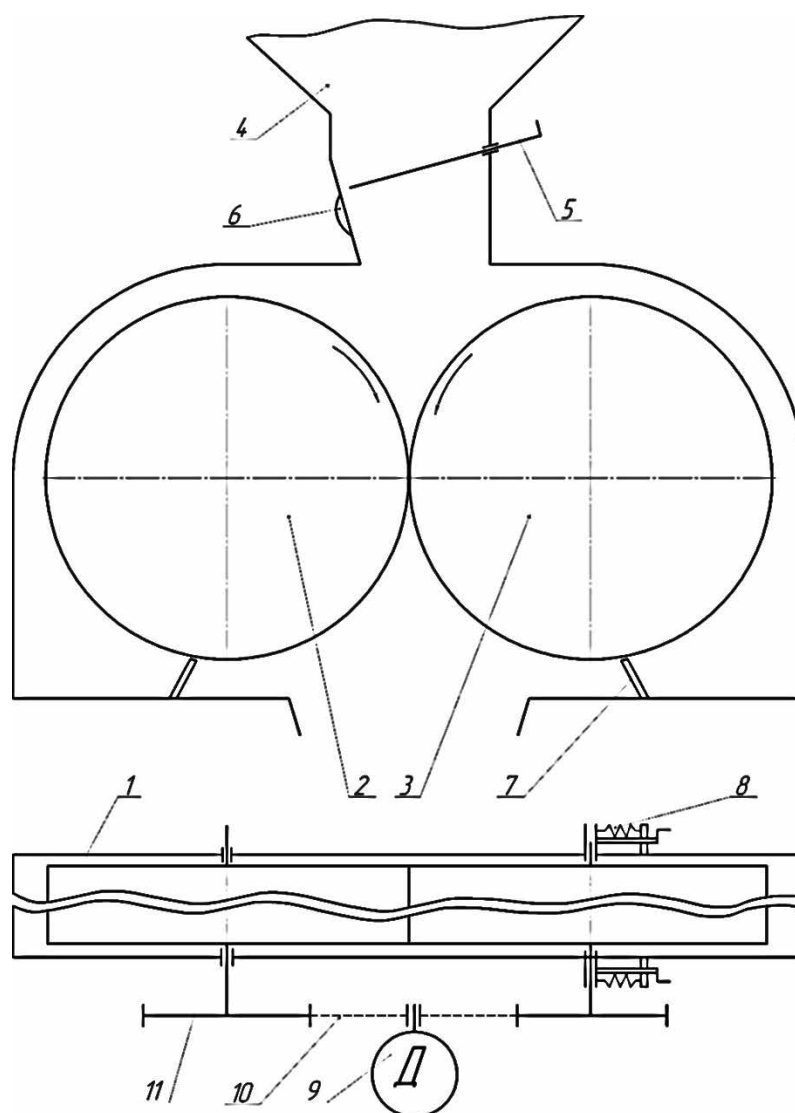


Рис. 3.1. Конструкційна схема плющилки:

1 - корпус; 2 - валець; 3 - валець регулювальний; 4 - бункер; 5 - заслінка;
6 - магнітний сепаратор; 7 - чистик; 8 - механізм регулювання зазору між
вальцями, 9 - електродвигун; 10 - клинопасова передача

Зернові компоненти, які підлягають плющенню, тонким шаром проходять похилою поверхнею та потрапляють до магнітного сепаратора 6, який встановлений над вальцями 2 та 3. У нижній частині корпусу встановлені чистики 7, які забезпечують очищення вальців від прилиплого зерна. Регулювальний механізм 8, встановлено на одному із вальців та забезпечує зазор між вальцями, який впливає на крупність продукту. Урухомлення вальців відбувається за допомогою електродвигуна 9, крутний момент передається клинопасовою

передачею 10. Бувають конструкції, які можуть передавати крутний момент за допомогою клинопасової передачі від окремих двигунів для кожного вальця.

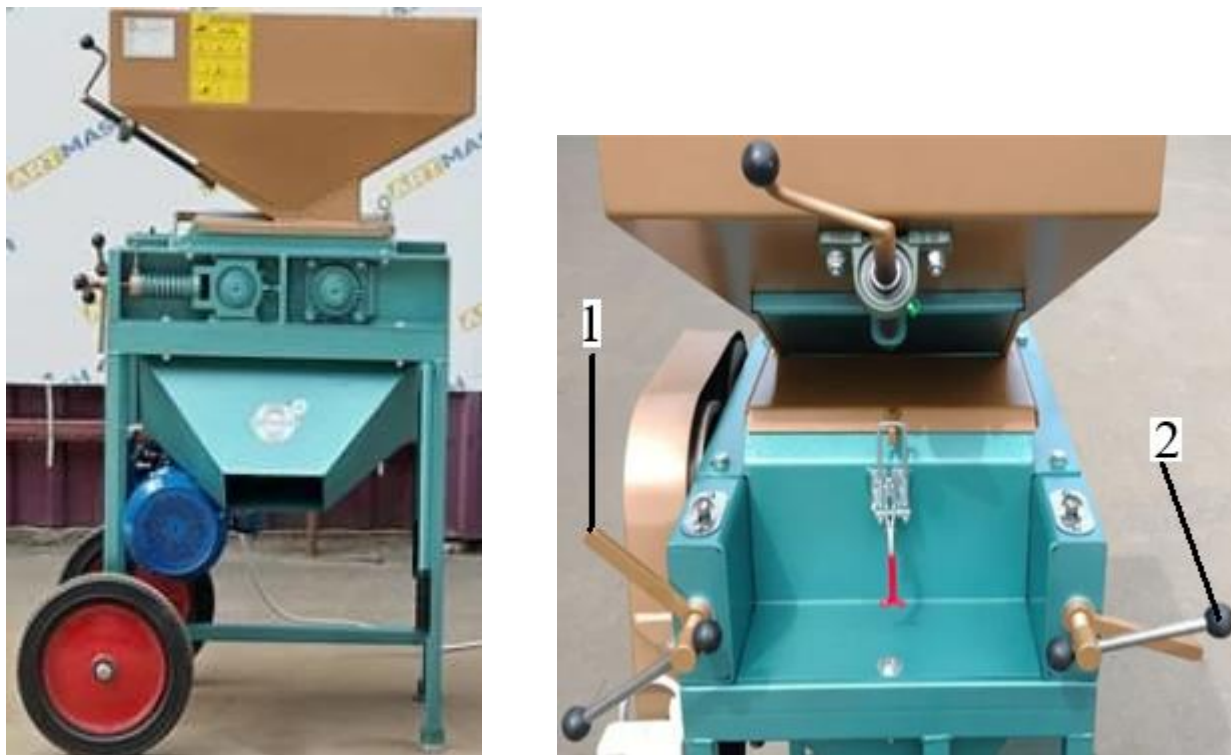


Рис. 3.2. Загальний вигляд плющилки

Регулювальний механізм вальця (рис. 3.3) з'єднаний з корпусом за допомогою пружинних амортизаторів. У випадку потрапляння твердого стороннього предмета цей валець відтискається, забезпечуючи його прохід.

Нерівномірність зазору між вальцями (перекошування вальців) усувають (рис. 3.3) провертанням фіксаторів 1, на гвинтах 2 механізму переміщення вальців, після чого фіксатори стопорять. Чистики встановлюють без перекосів із зазором до 0,15 мм відносно вальців. Кожен валець приводиться в дію індивідуально від електродвигуна за допомогою клинопасової передачі [26, 34].

Величину зазору між вальцями контролюють (рис. 3) за допомогою шкали

Для зменшення пускового току, при початку роботи плющилки, потрібно, перекрити заслінкою щілину витікання зерна з бункера та увімкнути електродвигун.



а



б



в

Рис. 3.3. Загальний вигляд вальців з чистиками (а) та регулювального механізму (б, в) плющилки

3.4. Обґрунтування параметрів плющилки

До обґрунтування параметрів плющилки відносяться: умови зтягування продукту вальцями, визначення мінімально допустимого діаметра вальців, визначення міцності зерна і тиску між вальцями в просторі.

Зусилля, яке діє в робочій зоні борошномельного пальцевого станка досліджував також американський вчений Dedrik, який встановив наявність зусилля трьох видів – стиску, зрізання і кручення [12, 16, 41, 43, 45].

Робочими органами плющильної машини є два круглі циліндричні вальці, в більшості випадків рівних за діаметром, що обертаються навколо паралельних осей в сторону переміщення продукту. Кутові швидкості вальців можуть бути однаковими $\omega_\delta = \omega_i$ або відрізнятись на величину диференціалу k , $\omega_\delta = k\omega_i$.

У вальцевих млинах з гладкими вальцями величина диференціалу може досягати 1,5. Для плющилок, як правило, швидкості вальців однакові.

Робочий процес вальців заключається в тому, що потрапляючи в робочу зону між ними зерно, яке характеризується приведеним діаметром d захоплюється поверхнею вальців і деформується (рис. 3.5).

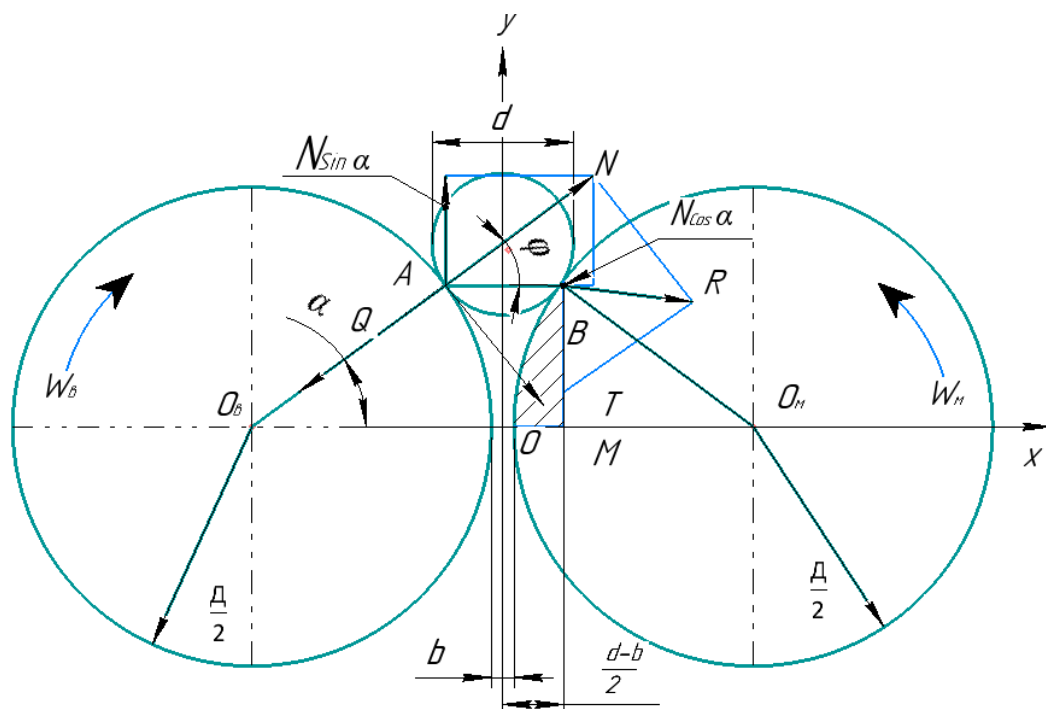


Рис. 3.4. Схема сил, які діють при плющенні.

Після виходу із вальців пластівці дещо збільшуються по товщині, в наслідок сил пружності матеріалу [12, 16, 41, 43].

Питання про рух зерна між вальцями є складною динамічною задачею. Рух визначається величинами і напрямками зусиль, що прикладені до зерна кожним із вальців і змінюється в часі. В свою чергу зусилля дії вальців залежить від багатьох факторів, зокрема від ступеня опору зерна деформуванню. Складність обліку цих змінних сил утруднює проведення аналітичного розгляду процесу.

Вибір величини діаметра вальців залежить від розмірів зернового матеріалу і кінцевого продукту, коефіцієнта тертя зерна по поверхні вальців і їх лінійних швидкостей.

Із збільшенням діаметра умови процесу протягування матеріалу і переміщення його в зоні плющення покращуються [12, 16, 41, 43].

Як видно з рис. 3.5 – процес протягування у міжвальцевий простір буде забезпечуватись при умові

$$\alpha \leq \varphi$$

де α - мінімально можливий кут зтягування,

φ - кут зовнішнього тертя.

Визначемо мінімальний діаметр вальців, за умови постійності дії сил, симетричності дії вальців і ізотропності плющеного матеріалу в зоні плющення:

$$D_{\min} = \frac{d \cos \varphi - b}{1 - \cos \varphi}, \quad (3.1)$$

де d – приведений діаметр зерна, мм

b – зазор між вальцями, мм

φ - кут зовнішнього тертя.

або

$$D_{\min} = (d - b) \cdot (1 + 2 / f^2), \quad (3.2)$$

де f – коефіцієнт тертя.

$$D_{min} = (6,21-2) \cdot (1+2/0,25^2) = 4,2 \cdot (1+33) = 138,7$$

В початковий період дії на матеріал обидві залежності сходяться.

З іншого боку від величини діаметра вальців залежить довжина шляху при обробці матеріалу, а відповідно і довжина шляху розплющування. Значення шляху розплющування можна [1], подати наступною залежністю:

$$L = \sqrt{\frac{D}{2}(d-b) + \frac{d^2+b^2}{4}}, \text{ мм} \quad (3.3)$$

$$L = \sqrt{\frac{140}{2}(6,21-2) + \frac{6,21^2+2^2}{4}} = \sqrt{295 + 10,62} = 17,44, \text{ мм}$$

Таким чином, із збільшенням діаметру D довжина шляху зростає, а внаслідок цього, покращується процес плющення зерна вальцями, так як із зменшенням швидкості деформації на більшому відрізку шляху час дії вальців збільшується і ступінь залишкової деформації стабілізується. В кінцевому результаті продукт виходить більш тонким і міцним [12, 16, 41, 43].

У вальцевих машинах діаметр вальців завжди приймається в 2.3 – 3 і більше раз, чим отриманий за підрахунком. Таке збільшення діаметра продиктоване необхідністю досягнення високої жорсткості вальців і отримання махового моменту, достатнього для забезпечення рівномірності їх ходу.

В плющилках, які працюють в режимі борошномельного станка, тобто при наявності диференціалу, значна частина роботи припадає на валець з більшою швидкістю, який має зсувну дію на зерно, надаючи контактуючим шаром продукту швидкість, що перевищує колову швидкість вальця, що обертається повільно. Допустима величина швидкості обмежується його відбалансованістю,

надійністю опорних вузлів і шумовим показником. Таким чином, швидкість може визначатися динамічними характеристиками плющильної машини. В борошномельних станках використовується швидкість 5-7 м/с і в останній час існує тенденція 9-11 м/с. В плющилках з гладкою поверхнею при відсутності диференціалу, кінематичний режим становить 4-6 м/с, а може бути збільшена до 8.5 м/с [12, 16, 41, 43].

З технологічної сторони більше значення диференціалу викликає і більшу швидкість зсуваючих зусиль в робочій зоні вальців, що обумовлює інтенсифікацію приміщення.

Диференціація гладких пальців в плющилках не перевищує 1.1, для вальців борошномельних станків ця величина росте до 2.5.

Швидкість руху вальця впливає на продуктивність плющили. Незалежне від виду перероблюваної культури і її вологості [24] встановив підвищення продуктивності і ефективності машини із збільшенням швидкості і відстані між вальцями. Це вказує на можливий резерв підвищення якості виготовлення машини [12, 16, 41, 43].

Витрата енергії і зусилля руйнування зерна є досить актуальними питаннями для вальцевих станків. Вони дають змогу завчасно визначити величини зусиль при розрахунку окремих деталей машин і витрати енергії в залежності від ступеня плющення зерна.

В літературі [29, 30] вказується, що між відносним стиском зерна до руйнування і прикладеного навантаження існує лінійна залежність. При цьому на значені кутового коефіцієнта і вільного члена, в значній мірі впливає вологість.

Для зерен жита нормальної вологості отримана така енергетична залежність

$$p = 4.5 \frac{\mu}{\delta}, \quad (3.4)$$

де p – величина зусилля, необхідного для статичного руйнування 1 мм² площі зерна,

μ - відносний стиск при деформації,

δ - товщина зерна.

$$p = 4,5 \frac{20}{6,21} = 14,6,$$

Передбачаючи, що величини зусиль по дузі площення нерівномірні і в кожній точці дуги пропорційні величині відносного стиску частинок, можна записати повний тиск на вальці R в вигляді такої залежності:

$$R = \frac{2}{3} p \cdot L \cdot r \cdot \alpha, \quad (3.5)$$

де r – радіус вальців, мм

L – довжина вальців, мм.

$$R = \frac{2}{3} 14,6 \cdot 61,55 \cdot 140 \cdot 32 = 2664,1, \text{Па},$$

Кількість енергії, яку потрібно прикласти до обох вальців виражається аналітичною формулою

$$T = \frac{4}{3} p L r d^2 v \left(\frac{f}{\alpha} - \frac{3}{8} \right), \quad (3.6)$$

де v - колова швидкість вальців.

$$T = \frac{4}{3} 14,6 \cdot 61,55 \cdot 0,140 \cdot 0,280^2 \cdot 7 \left(\frac{0,25}{32} - \frac{3}{8} \right) = 6,39, \text{кВт}$$

Як видно із формули (3.6) затрачена вальцями енергія із збільшенням їх діаметра зростає. Останнє суперечить показникам витрати енергії при роботі вальцевих станків в борошномельній промисловості.

Для визначення стискаючої сили F існує аналітична залежність

$$F = \frac{LE}{d} \left(\frac{d-b}{\alpha} \right)^2, \quad (3.8)$$

$$F = \frac{17,44 \cdot 29,3}{6,21} \left(\frac{6,21 - 2}{32} \right)^2 = 1,73, \text{Н}$$

де E - зона передачі тиску вальцями, яка визначається площею СВМ (рис. 3,2).

Користуючись останньою залежністю, визначимо потужність на процес плющення гладенькими вальцями

$$N = \frac{E}{2} \cdot \frac{(d-b)^2}{d} \cdot \frac{\pi D n L}{60}, \quad (3.9)$$

$$N = \frac{29.31}{2} \cdot \frac{(6,21 - 2)^2}{2} \cdot \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 10 \cdot 17,44}{60} = 4,48, \text{кВт}$$

де n – частота обертання вальця.

Встановлена потужність двигуна 5,0 кВт.

Коефіцієнт сплющування визначає кінцевий стан перероблюваного зернового матеріалу.

Внаслідок наявності в матеріалі пружних властивостей після виходу із вальців плющили пластівці, в деякій мірі, поновлюють свої розміри і при цьому товщина пластівців завжди буде більшою зазору між вальцями.

Можливість отримання розрахункових залежностей для коефіцієнта сплющування досить складно, внаслідок великої нестабільності властивостей матеріалу, так і процесу плющення.

Граничне значення коефіцієнта сплющування [16]

$$K \leq \frac{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+f^2}}\right)D}{d + \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+f^2}}\right)D} \quad (3.10)$$

$$K \leq \frac{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+0,25^2}}\right)140}{6,21 + \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+0,25^2}}\right)140} = \frac{8,3}{14,5} = 0,61$$

Отже, розрахункова величина $K = 0,6$ є меншою за рекомендовано $K = 1,5$.
Визначимо вплив частоти обертання вальців на продуктивність плющили [39, 43].

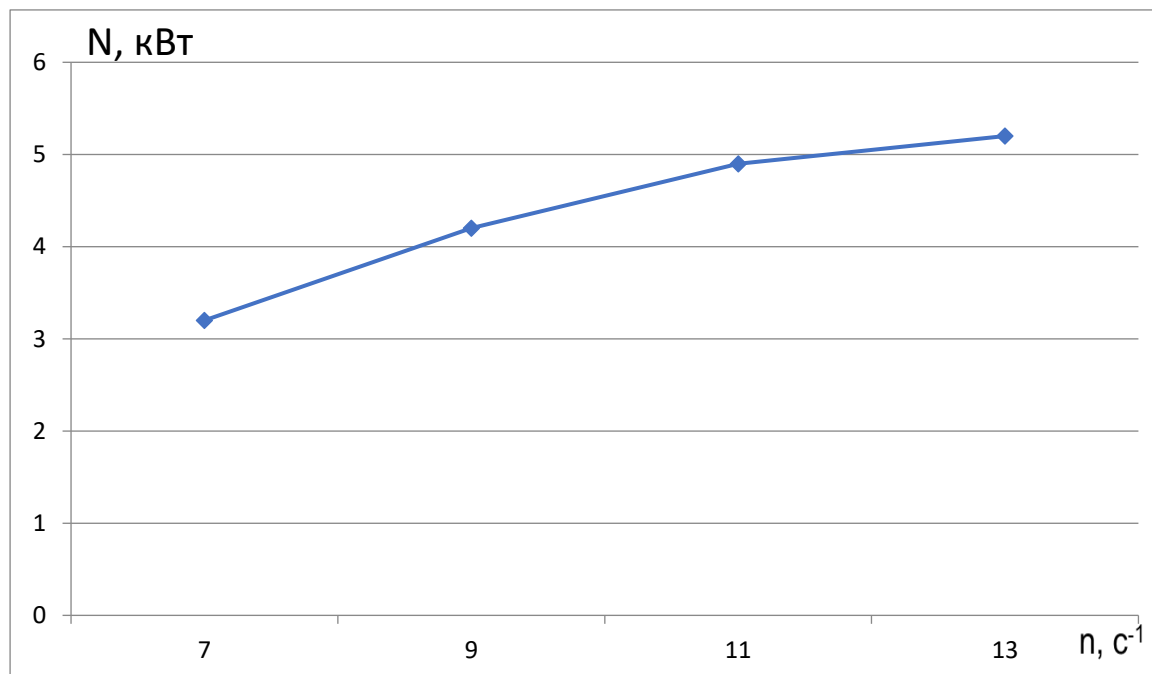


Рис. 3.5. Вплив частоти обертання вальців на продуктивність плющили

Визначимо вплив діаметру вальців на продуктивність плющили [39, 43].

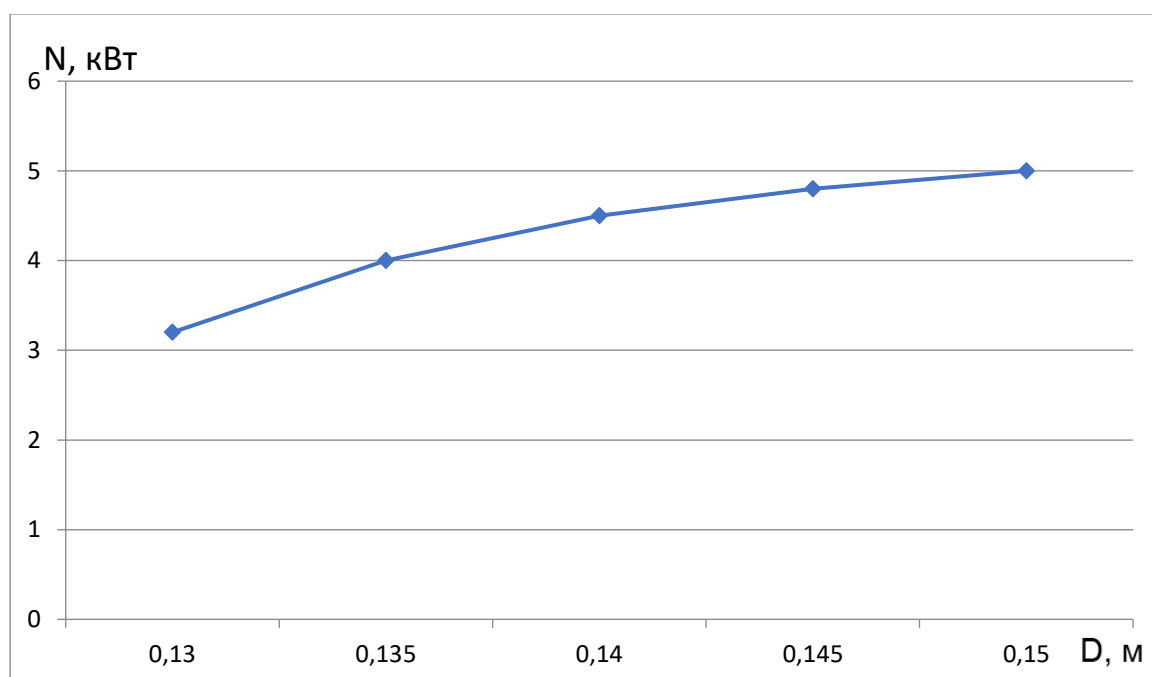


Рис. 3.4. Вплив діаметру вальців на продуктивність плющили

Отже із збільшенням частоти обертання ротора енергомисткість процесу плющення зерна збільшується.

Збільшення діаметру вальця має величини де плющення не відбувається. Така умова визвана тим, що не відбувається затягування зерна у міжвальцевий простір. Проте спостерігається збільшення енергомисткості процесу при збільшенні діаметру вальців, якщо вони більші мінімально допустимого діаметру.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

4.1. Техніко-економічні показники проекту

Основні капіталовкладення в будівництві кормоцеху складаються із капіталовкладень на обладнання та будівлю [4, 17, 28, 29, 31].

Капіталовкладення визначаємо за формулою:

$$K = C_{об}, \quad (4.1)$$

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

Балансова вартість машин і обладнання:

$$B = K \cdot Ц, \quad (4.2)$$

де K – коефіцієнт, що враховує затрати на транспортування машин і обладнання та їх встановлення, $K = 1,3$;

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

Таблиця 4.1. - Балансова вартість машин і обладнання

Марка машини	Кількість машин, шт.		Преїскурантна ціна, грн.	Балансова вартість	
	проекту	існуюча		проекту	існуюча
Обладнання кормооб'єкту	1	1	430847,0		560101,1
Обладнання для плющення	1	-	448513,0	583066,9	-
Всього				583066,9	560101,1

Капіталовкладення проекту складають:

$$K_{пр} = 583066,9 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення для існуючої машини:

$$K_{\text{існ.}} = 560101,1, \text{ грн.}$$

Додаткові капіталовкладення становлять:

$$K_{\text{дод}} = K_{\text{пр}} - K_{\text{існ.}}, \quad (4.3)$$

$$K_{\text{дод}} = 583066,9 - 560101,1 = 22965,8, \text{ грн.}$$

Річна програма кормоцеху та існуючої технології приготування кормів

Річну програму кормоцеху, що проектується знаходимо за формулою:

$$P_{\text{к}} = T \cdot Q_2 \cdot t, \quad (4.4)$$

де T – число днів роботи кормоцеху, $T = 220$ днів ;

Q_2 – годинна продуктивність, $Q_2 = 1,56$ т/год

t – тривалість роботи плющилки, год.

$$P_{\text{к-пр}} = 220 \cdot 1,56 \cdot 1,0 = 343,2 \text{ т}$$

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

$$P_{\text{к.існ.}} = 317 \text{ т}$$

Визначення оплати праці

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

$$Z_{\text{о.п.}} = [(T \cdot C_{\text{м1}} \cdot t) + (T \cdot C_{\text{м2}} \cdot t)] \cdot K_0, \quad (4.5)$$

де T – число робочих днів кормооб'єкту в рік, $T = 220$ днів.

t – тривалість робочої зміни, год ;

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

m_1, m_2 – число операторів, чол ; для кормоцеху, що проектується $m_1 = 1$, , для існуючої технології $m_1 = 1$;

C – ставка відрядників, $C = 28,9$ грн.

Оплата праці складає:

$$Z_{o.p.} = 220 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 28,9 \cdot 1,1 = 6993,8, \text{ грн.}$$

$$Z_{o.p.ich.} = 220 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 28,9 \cdot 1,1 = 10490,7 \text{ грн.}$$

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

$$Z_{ам.} = C_{об.} \cdot 0,142, \quad (4.6)$$

$$Z_{ам. пр.} = 583066,9 \cdot 0,142 = 82795,49, \text{ грн.}$$

$$Z_{ам.ich.} = 560101,1 \cdot 0,142 = 79534,35, \text{ грн.}$$

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

$$Z_{п.р.об.пр.} = C_{об.} \cdot 0,18, \quad (4.7)$$

$$Z_{п.р.об.пр.} = 583066,9 \cdot 0,18 = 104952,0, \text{ грн.}$$

$$Z_{п.р.об.ich.} = 560101,1 \cdot 0,18 = 100818,19 \text{ грн.}$$

Затрати на електроенергію визначаємо за формулою:

$$Z_{ел.} = 230 \cdot N_k \cdot K_{ел}, \quad (4.8)$$

де N – використана електроенергія, кВт.год ;

$K_{ел}$ – вартість одного кВт.год, $K_{ел} = 6,5$ грн.

$$Z_{ел.пр.} = 220 \cdot 5,0 \cdot 8,5 = 9350,0, \text{ грн.}$$

$$N_{\text{існ.}} = N_{\text{дв.}} \cdot t, \quad (4.9)$$

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

t – час роботи, год.

$$З_{\text{ел.існ.}} = 220 \cdot 15,0 \cdot 8,5 = 28050,0, \text{ грн.}$$

Експлуатаційні затрати обчислюємо за формулою:

$$З = (З_{\text{оп.}} + З_{\text{тон.}} + З_{\text{ел.}} + З_{\text{амм}} + З_{\text{амб.}} + З_{\text{пр.б.}}) \cdot 1,05 \quad (4.10)$$

$$З_{\text{пр.}} = (6993,8 + 82795,49 + 104952,0 + 9350,0) \cdot 1,05 = 214295,85, \text{ грн.}$$

$$З_{\text{існ.}} = (10490,7 + 79534,35 + 100818,19 + 28050,0) \cdot 1,05 = 229837,90, \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати на приготування 1 т корму визначаємо по формулі:

$$C_{\text{п}} = \frac{З_3}{P_k}, \quad (4.11)$$

$$C_{\text{існ}} = \frac{229837,90}{317} = 725,0 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{пр}} = \frac{214295,85}{343,2} = 624,4 \text{ грн}$$

Степінь зниження експлуатаційних затрат визначаємо за залежністю:

$$П_{\text{екс.}} = \frac{C_{\text{існ.}} - C_{\text{пр.}}}{C_{\text{існ.}}} \cdot 100\%, \quad (4.12)$$

$$П_{\text{екс.}} = \frac{725,0 - 624,4}{725,0} \cdot 100 \% = 13,87 \%$$

Річна економія експлуатаційних затрат становить

$$E_{ек.} = (C_{існ} - пр) \cdot P_{к}, \quad (4.13)$$

$$E_{ек.} = (725,0 - 624,4) \cdot 57,07 = 5741,45$$

Термін окупності додаткових капіталовкладень визначають за формулою:

$$t = K / E_{ек.}, \text{ років}$$

$$t = 22965,8 / 5741,45 = 4,0 \text{ роки.}$$

Степінь зниження затрат праці на приготування 1 т корму

Цей показник визначаємо за формулою:

$$z_m = \frac{g_m}{Q_m} \quad (5.14)$$

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

$$g_{m.пр} = 1 \cdot 1 = 1,0 \text{ люд.год.}$$

$$g_{m.існ} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ люд.год}$$

Q_m – об'єм кормосуміші, який припадає на одну зміну.

$$Q_{m пр.} = 1,56 \text{ т}$$

$$Q_{m існ.} = 0,96 \text{ т}$$

Тоді:

$$z_{m.пр} = \frac{1,0}{1,56} = 0,64, \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{т} \quad (4.15)$$

$$z_{m.існ} = \frac{1,0}{0,96} = 1,04, \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{т}$$

Зниження затрат робочого часу буде складати

$$n = \frac{1,04 - 0,64}{1,04} \cdot 100\% = 38,46, \%$$

Продуктивність праці визначаємо по формулі:

де T_r - річні витрати праці на приготування кормосумішки ;

$$T_{r\text{ пр.}} = 1,0 \cdot 220 = 220 \text{ люд.год.}$$

$$T_{r\text{ існ.}} = 1,5 \cdot 220 = 330 \text{ люд.год.}$$

$$P_{\text{пр.}} = \frac{220}{343,2} = 0,64, \frac{\text{люд.год}}{т}$$

$$P_{\text{існ.}} = \frac{330}{317} = 1,04, \frac{\text{люд.год}}{т}$$

Економія праці в кормоцеху, що проектується, складає::

$$E_m = (3_{m\text{ існ.}} - 3_{m\text{ пр.}}) \cdot P_{\text{кпр}} - P_{\text{кіс}}, \quad (4.16)$$

$$E_m = (1,56 - 0,96) \cdot 57,07 = 34,24 \text{ люд.год.}$$

Питому металоємкість та енергоємність визначаємо за формулою

Енергоємність:
$$E = \frac{N}{Q_k m},$$

(4.21)

$$E_{\text{пр.}} = \frac{5 \cdot 220}{343,2} = 3,2 \frac{\text{кВт.год.}}{т}$$

$$E_{\text{існ.}} = \frac{15 \cdot 220}{317} = 10,4, \frac{\text{кВт.год.}}{т}$$

Металоємкість
$$M = \frac{G}{Q_k}, \quad (4.22)$$

де G – загальна вага обладнання

$$M_{\text{пр.}} = \frac{1832}{343,2} = 5,33, \frac{\text{кг}}{т}$$

$$M_{\text{існ.}} = \frac{1910,0}{317} = 6,02 \frac{\text{кг}}{т}$$

Таблиця 4.2. - Економічна ефективність проекту кормоцеху

Назва показників	Існуюча машина	Проект
Об'єм кормової суміші, т.	317	343,2
Капіталовкладення:		
- основні, грн.	560101,1	583066,9
- додаткові, грн.	-	22965,8
Затрати на 1 т суміші:		
- праці, люд.год./т.	1,04	0,64
- експлуатаційні, грн./т.	725,0	624,4
Металоємність, кг/т.	6,02	5,33
Енергоємність, кВт.год./т.	10,40	3,20
Економія:		
- праці, люд.год.	-	34,24
- експлуатаційних затрат, грн.	-	5741,45
Термін окупності додаткових капіталовкладень, років	-	4,0

Аналізуючи дану таблицю можна відмітити, що при використанні запропонованої технології в порівнянні із існуючою приготування кормів, затрати на приготування 1 т кормів знижуються:

- праці на 38,46 % ; - експлуатаційні на 13,87 % . Крім цього знизилась енергоємність і металоємність процесу.

- Термін окупності додаткових капіталовкладень становить 4 роки

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні вимоги

Безпечні умови праці і суворе дотримання правилі і техніки безпеки є невід'ємною частиною технологічного процесу при машинному доїнні, транспортуванні та первинній обробці молока. Розробка і впровадження організаційних і технічних заходів щодо поліпшення охорони праці є повсякденним обов'язком керівників господарств і молочної ферми [35, 46, 47].

Для систематичного навчання та ознайомлення робітників з методами безпечної роботи і правилами техніки безпеки на фермах керівники господарств і спеціалісти повинні проводити відповідні інструктажі з кожним працівником у такому порядку:

- під час приймання на роботу - **ввідний інструктаж**;
- із щойно прийнятими на роботу, переведеними з одного підрозділу в інший, з працівниками, які виконують нову для них роботу-**первинний інструктаж на робочому місці**;
- з усіма працівниками, незалежно від кваліфікації, освіти і стажу роботи, не рідше одного разу на шість місяців – повторний інструктаж;
- при змінах у правилах і з охорони праці, змінах у технологічному процесі, заміні або модернізації обладнання, пристроїв, інструменту та інших факторів, що впливають на безпеку праці, а також при порушенні працівниками вимог техніки безпеки, що може викликати або викликало травму, аварію, вибух чи пожежу, - **позаплановий інструктаж**;
- перед виконанням робіт, на які оформляють наряд-допуск, - **поточний інструктаж**.

Якщо до робіт ставляться додаткові (підвищені) вимоги техніки безпеки, працівники перед первинним інструктажем на робочому місці мають пройти навчання безпечним методам праці згідно з програмами, затвердженими

міністерствами (відомствами) за погодженням з ЦК профспілок і органами державного нагляду.

Майстри машинного доїння, оператори, слюсарі-наладчики та лаборанти-обліковці повинні мати спецодяг. Під час приготування мийних розчинів робітники одягають запобіжні окуляри, гумові рукавиці, чоботи та прогумований фартух. Операції технічного обслуговування виконують спеціальним інструментом і пристроями. Під час роботи машин і обладнання забороняється очищати, змащувати, підтягувати гвинтові з'єднання і виконувати ремонтні роботи. Регулювання і ремонт починають тільки після повної зупинки машини. При виконанні ремонтних і регулювальних робіт та очищенні машини обов'язково треба вимикати автоматичний вимикач, виймати запобіжники і вивішувати трафарет „Не вмикати-працюють люди!”. Не можна заходити в груповий станок доїльної установки „Ялинка”, якщо в ньому перебувають корови [35, 46, 47].

Шланги гарячої води і пари надійно закріплюють хомутами для запобігання їх зіскакуванню з штуцера або в місцях з'єднання. Перегинати шланги не допускається.

Все обладнання, що працює від електропривода, повинне бути надійно заземленим. Між вакуумним насосом і вакуум-проводом необхідно встановити ізоляційну вставку.

Електричний водонагрівач треба сполучати із забірною водопровідною трубою петлею з двох гумових трубок.

Проходи біля машин повинні бути вільні, а підлога мати похил у бік зливних трапів. Забороняється зберігати в машинному відділенні гас, бензин та інші легкозаймисті речовини. Машинне відділення слід обладнувати надійною вентиляцією [35, 46, 47].

Для освітлення слід користуватися переносними електролампами напругою не вище 12 В або кишеньковими ліхтарями. Заряджати систему холодоагентом можна тільки за допомогою спеціального шланга, розмістивши балон за межами машинного відділення. Тиск під час заповнення на нагнітальній лінії не повинен перевищувати 880 кПа для фреону і 1180 кПа для аміаку, а на всмоктувальній --

відповідно 400 і 600 кПа. Балони з холодоагентом слід зберігати у неопалюваному приміщенні, захищеному від дії сонячних променів.

Під час експлуатації пастеризаційно-охолодних установок необхідно періодично контролювати систему засобів автоматизації. Розбирати сепаратор можна тільки після повної його зупинки [35, 46, 47].

При роботі пастеризаторів з витиснювальним барабаном необхідно слідкувати за справністю запобіжного клапана і надійністю загвинчування струбцин, оскільки в цих місцях може бути викидання гарячої пари.

Всі працівники молочної ферми повинні вміти надавати першу лікарську допомогу. В разі припинення дихання слід негайно починати робити штучне дихання [35, 46, 47].

При відмороженні, викликаному потраплянням рідкого фреону на шкіру, необхідно обережно розтерти стерильним марлевым тампоном уражене місце до появи чутливості і почервоніння шкіри, потім його натерти спиртом і накласти пов'язку. Якщо на тілі виникли пухирі, шкіру не розтирають, а накладають пов'язку і потерпілого направляють до лікаря [35, 46, 47].

При хімічних опіках кислотою або лугом обпечені ділянки тіла промивають великою кількістю води протягом 10-20 хв. Після цього накладають вологу пов'язку, змочену 2 % - ним розчином соди (при опіках кислотами) і 1%-ним розчином борної або оцтової кислоти (при опіках лугами). Обпечені кислотами або лугами очі слід промивати водою протягом 5 хв. [35, 46, 47].

5.2. 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.

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.

Метод логічного моделювання потенціальних аварій, травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу 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 [35, 46, 47].

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

Таблиця 5.1 – Аналіз небезпечних факторів

Назва технологічного процесу, стан агрегату	Виробничі небезпеки			Можливі наслідки	Заходи по усуненню небезпеки
	Небезпечна умова	Небезпечна дія	Небезпечна ситуація		
Пуск обладнання лінії	Несправна сигналізація пуску машин	Техогляд обладнання	Людина знаходиться в зоні дії машини	травма	Усунути несправності
Пуск преса-гранулятора	Відсутня діелектрична вставка	Дотик людини до машини під час роботи	Пораження струмом	травма	Надійно закріпити
Заземлення машин	Обірваний провід	Дотик людини до машини під час роботи	Пораження струмом	травма	Надійно закріпити провід
Клинопасова педача	Немає захисних щитків	Обслуговування під час роботи	Захват одягу працівника	травма	Встановити захисні щитки

$$НУ_1 \longrightarrow НД_1 \longrightarrow НС_1 \longrightarrow Т \qquad НУ_3 \longrightarrow НД_3 \longrightarrow НС_3 \longrightarrow Т$$

$$НУ_2 \longrightarrow НД_2 \longrightarrow НС_2 \longrightarrow Т \qquad НУ_4 \longrightarrow НД_4 \longrightarrow НС_4 \longrightarrow Т$$

ВИСНОВКИ

В даній роботі проведено дослідження технологічного процесу приготування кормів та дослідження параметрів плющилки для СТОВ «Зоря» Ковельського району Волинської області

Проаналізована виробничо-економічна діяльність господарства, вказані недоліки і причини, при наявності яких неможливе перетворення тваринництва у високорентабельну галузь господарства.

На основі проведеного аналізу, з урахуванням конкретних умов господарства, досліджено процес плющення кормів на фермі ВРХ з розробкою пристрою для плющення кормів, який дозволить покращити якість кормової суміші та дає можливість переходу на круглорічний однотипний раціон годівлі тварин.

В результаті проведеного теоретичного аналізу обґрунтовано раціональну конструкційно-функціональну схему плющильного пристрою до складу якого входить два плющильних вальці.

Одержані теоретичні залежності, які відображають вплив параметрів робочих вальців, їх частоти обертання, на продуктивність та показники якості приготовлених пластівців. Визначено мінімальний діаметр вальців, що становлять 138,7 мм, а їх довжина 37,44 мм та потужність на урухомлення 4,48 кВт.

Описано рівняння продуктивності плющилки, яке враховує затрати енергії на деформацію матеріала, геометричні параметри та профіль вальця.

Спроектована машина має порівняно невеликий термін окупності близько 4 роки. При застосуванні цього агрегату знижуються затрати праці на 38,46 % ; - експлуатаційні на 13,87 % . Крім цього знизилась енергоємність і металоємність процесу.

Список використаної літератури

1. Бондаревська К.В. Тенденції розвитку аграрного сектору економіки України. Економіка АПК. 2014. № 11. С. 36—42.
2. Дані бухгалтерсько-економічного відділу виробничо-економічної діяльності господарства. – 2024. – 21с.
3. Лопатинський Ю.М. Трансформація сільського господарства та села: ювілейний збірник наукових статей. За ред. Ю.Е. Губені. Л.: ЛНАУ. 2010. 420 с.
4. Онищенко О.М., Юрчишин В.В. Сільське господарство, село і селянство України у дзеркалі пострадянської аграрної політики. Економіка України. 2006. № 1. С. 4—14.
5. Palei T. Assessing the Impact of Infrastructure on Economic Growth and Global Competitiveness. In: Procedia Economics and Finance. 2015. 23. P. 168—175.
6. Степанюк О. Тваринництво в Україні — відродження чи занепад? Агробізнес сьогодні. 2012. № 11. С. 40—43.
7. Сільське господарство України 2010: статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2011. 384 с.
8. Сільське господарство України 2018: статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2019. 235 с.
9. Сільське господарство України 2019: статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2020. 221 с. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/05/zb_tvaryny_2019.pdf
10. Стан тваринництва в Україні у 2010 році: статистичний бюлетень. К.: Державна служба статистики України, 2011. 33 с.
11. Тваринництво України 2019: статистичний збірник. К.: Державна служба статистики України, 2020. 157 с.
12. Tilman D, Fargione J, et al. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. Science. 292: 281—284.

13. Тульчинська С.О., Кириченко С.О. Дослідження методичних підходів оцінки розвитку соціальної інфраструктури в регіонах. Економічний вісник НТУУ "КПІ". Вип. 14. К.: Видавництво "Політехніка", 2017. С. 67—74.
14. Машины та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.С. Хмельовський. – К.: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 567.
15. Проектування механізованих технологічних процесів у тваринництві : навч. посіб. з викон. диплом. проектів з механізації тваринництва на освіт.-кваліфікац. рівні Бакалавр / Бендера І. М. [та ін.] ; [за ред. І. М. Бендери, В. П. Лаврука] ; Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т. - Кам'янець-Подільський : Сисин О.В. : Абетка, 2011. 564 с.
16. Гнучкі гвинтові конвеєри: проектування, технологія виготовлення, експериментальні дослідження / Гевко І. Б., Лещук Р. Я., Гудь В. З., Дмитрів О. Р., Дубиняк Т. С., Навроцька Т. Д., Круглик О. А. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. – 208 с.
17. Проектування технологічних процесів у тваринництві. І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, О.О. Заболотько та ін. – Київ: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 289 с.
18. Vasyl Khmelovskyi, Svitlana Rogach, Oksana Tonkha, Yuriy Rosamaha QUALITY EVALUATION OF MIXING FODDER BY MOBILE COMBINED UNITS. Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering 18th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings, Volume 18 May 22-24, 2019 Jelgava 2019. .P. 299 – 305.
19. Механізація виробництва продукції тваринництва / І.І. Ревенко, Г.М. Кукта, В.М. Манько та ін. ; За ред. І.І. Ревенка.-К.: Урожай, 1994. - 264 с.
20. Машины і обладнання для тваринництва. Ревенко І.І., Хмельовський В.С., Заболотько О.О. та ін. – Ніжин, ПП Лисенко М.М. 2017. 304 с.

21. Машины і обладнання для тваринництва. Ревенко І.І., Хмельовський В.С., Заболотько О.О. та ін. – Ніжин, ПП Лисенко М.М. 2015. 323 с.
22. Войтюк В.Д., Мельник І.І., Гречкосій В.Д. Експлуатація машин у рослинництві. Ніжин.: «Milanik-Дизайн». – 2009. – 320 с.
23. Яснецкий В.А., Єрмоленко В.О., Гарькавий А.Д. Зниження енергозатрат у тваринництві. – К.: Урожай, 1989.- 136с.
24. 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.
25. Ревенко І.І., Манько В.М., Кравчук В.І., Машиновикористання у тваринництві. - К.: Урожай, 1999. - 208 с.
26. Машины і обладнання для тваринництва. Хмельовський В.С., Братішко В.В., Заболотько О.О. та ін. – НУБіП України. 2024. 264 с.
27. Затхей Б.І. Довідник слюсаря-наладчика обладнання тваринницьких ферм і комплекті. – Львів.: Каменяр, 1984. - 160 с.
28. Основи експлуатації машинно-тракторного парку. Демидко М.О., Мельник І.І., Бондар С.М. - Ніжин.: АСПЕКТ – Поліграф, 2006. – 180 с.
29. Експлуатація машин у рослинництві. Войтюк В.Д., Мельник І.І., Гречкосій В.Д. - Ніжин.: «Milanik-Дизайн», 2009. 320 с.
30. Ревенко І.І., Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва. - К.: Урожай, 1994. - 288 с.
31. Монтаж і пусконаладження фермської техніки / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.Д. Роговий та ін. ; За ред. І.І. Ревенка. - К.: Кондор, 2004. 400 с.
32. Погорілець О.М., Волянський М.С., Войтюк В.Д. Гідропривід сільськогосподарської техніки. – К.: Вища освіта, 2004, - 368 с.
33. Машины та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. – К.: Кондор, 2009. - 730 с.
34. Машины та обладнання для тваринництва. Посібник-практикум. І.І.Ревенко, О.О.Заболотько та ін. - К.: Кондор, 2012. – 564 с.

35. Войналович О.В. Охорона праці у сільському господарстві. / Войналович О.В., Марчишина Є.І. / – К.: Видавництво «Основа», 2014. 176 с.
36. Кравчук В.І. Ергатичні вирішувальні системи та штучний інтелект в управлінні агропромисловим виробництвом / В.І. Кравчук, Г.Л. Баранов // Стратегія розвитку України: економіка, соціологія, право. № 12, 2007, С. 565-568.
37. Богданов Г.А. Кормление сельскохозяйственных животных. – К.: Агропромиздат, 1990. 624 с.
38. Погорілий Л.В. Шляхи стабілізації та відтворення потенціалу агроєкосистем /Л.В. Погорілий, В.С. Таргоня // Вісті Академії інженерних наук України. 2003. №2. С. 15–20.
39. Теорія планування експериментів: Виконання розрахунково-графічної роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / С.М. Лапач ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,31 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 86 с.
40. Машини та обладнання для тваринництва. Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. – К.: Кондор, 2009. 730 с.
41. Булгаков В. М. Теоретичне дослідження параметрів комбінованого гичкозбирального агрегату / В. М. Булгаков, В. В. Адамчук, Є. І. Ігнат'єв // Вісник аграрної науки. – 2017. – №3. – С. 47-53.
42. Bulgakov V. Theoretical investigation of aggregation of top removal machine frontally mounted on wheeled tractor / V. Bulgakov, V. Adamchuk, S. Ivanovs, U. Ihnatiev // Engineering for rural development. – Jelgava, 2017. – Vol. 16. – p.p. 273–280.
43. Теорія та розрахунок машин для тваринництва(за редакцією І.Г. Бойка. - Харків: ХДТУ, 2002. – 216 с.
44. Супіханов Б.К. Підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва в умовах підготовки вступу до СОТ. // Економіка АПК № 5 2007 - с. 44-49.

45. Монтаж і пусконаладження фермської техніки / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.Д. Роговий та ін. ; За ред. І.І. Ревенка. -К.: Кондор, 2004. - 400 с.

46. 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.

47. Войналович О.В. Охорона праці у сільському господарстві. / Войналович О.В., Марчишина Є.І. / – К.: Видавництво «Основа», 2014. 176 с.

ДОДАТКИ