

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра Технології та обладнання переробних і харчових
виробництв

Пояснювальна записка
до дипломної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

« магістр »
бакалавр, магістр

на тему: «Обґрунтування технологічних параметрів дискового
подрібнювача кормів»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
назва ОПП
спеціальності 208 Агроінженерія
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «магістр» групи ____
Кісіленко В.О.
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: Падалка В.В.
Прізвище та ініціали керівника

Рецензент:

Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року
РЕФЕРАТ

Представлена магістерська робота на тему Обґрунтування технологічних параметрів дискового подрібнювача кормів складається з пояснювальної записки з викладенням стану питання та вибору напрямку досліджень, представленої методики та методів досліджень.

Мета магістерської роботи – обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача стеблових кормів з дисковому робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами для

зниження питомої енергоємності процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі дослідження:

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно було вирішити такі основні завдання:

- розробити конструктивно-технологічну схему подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами;
- провести теоретичний аналіз робочого процесу подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами і визначити фактори, що впливають на енергоємність процесу;
- визначити конструктивно-технологічні параметри комбінованих ріжучих сегментів, розташованих на дисковому робочому органі;
- провести експериментальні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді і перевірити чинники, що впливають на енергоємність, визначити їх раціональні конструктивно-технологічні параметри;
- дати економічну оцінку впровадження пропонованого подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами і розробити методику розрахунку основних конструктивно-технологічних параметрів.

Об'єкт дослідження - подрібнювач стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами.

Предмет дослідження - залежність питомої енергоємності від параметрів подрібнювача з дисковим робочим органом і ріжучих сегментів.

Під час проведення наукового теоретичного дослідження за даною

магістерською роботою використано методики математичного просторового моделювання, диференційного та інтегрального числення. Теоретичні моделі щодо стирання зерна сої розроблені на основі законів теоретичної механіки.

Експериментальні досліді та випробування проведені за власною методикою. При обробці результатів експериментальних досліджень використані кореляційно-регресійні методи статистичного аналізу.

Ключеві слова: ПОДРІБНЕННЯ, СОЛОМА, ВРХ, ФЕРМА, ГОДІВЛЯ
МАШИНИ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
1.1 Характеристика виробничої діяльності тваринницьких підприємств малих форм господарювання	10
1.2 Аналіз існуючих конструкцій машин для подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді для ферм ВРХ	16
1.3 Класифікація подрібнювачів кормів	23
1.5 Висновки і завдання дослідження	28
2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	30
2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми подрібнювача стеблових кормів	30
2.2 Визначення факторів, що впливають на енергоємність процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді, і продуктивності подрібнювача стеблових кормів	32
2.3 Визначення енергоємності подрібнювача стеблових кормів	39
2.4 Мета експериментальних досліджень	42
2.5 Опис експериментальної установки	43
2.6 Методика експериментальних досліджень	47
2.7 Методика відбору кормового матеріалу для досліджень подрібнювача і критерії оцінки роботи машин	49
2.8 Методика проведення багатфакторного експерименту	50
2.9 Результати оптимізації процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді	53

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	55
3.1 Результати пошукових досліджень оптимальних показників процесу подрібнення кормів, їх аналіз	55
3.4 Висновок по третьому розділу	63
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩО ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	64
4.1 Екологічна експертиза.....	64
4.2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	66
4.3 Техніко-економічна ефективність результатів дослідження	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
Список використаних джерел.....	77

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Годівля великої рогатої худоби поживними кормами забезпечує високу продуктивність тварин. Процес подрібнення кормів є трудомістким, тому необхідні ефективні і ресурсозберігаючі технічні засоби з приготування кормів ВРХ.

Налічується понад 21 тисячі малих ферм (до 100 корів). Є велика кількість ферм від 100 до 400 корів. Частка ручної праці в малих формах господарювання (МФГ), селянсько-фермерських господарствах), особистих підсобних господарствах досягає 65% і більше, що обумовлено відсутністю ресурсозберігаючих засобів по виконанню технологічних операцій при виробництві продукції тваринництва.

Застосування досить енергоємних існуючих типів подрібнювачів, особливо в умовах підприємств МФХ, збільшує собівартість продукції тваринництва.

Тому розробка нових типів подрібнювачів з низькою енергоємністю є актуальним завданням. Одним із способів зниження енергоємності - застосування дискових робочих органів, оснащених комбінованими сегментами.

Незважаючи на велику кількість досліджень процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді, такі питання як подрібнення кормів дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами не вирішені.

Об'єкт дослідження - подрібнювач стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами.

Предмет дослідження - залежність питомої енергоємності від параметрів подрібнювача з дисковим робочим органом і ріжучих сегментів.

Мета роботи - обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача стеблових кормів з дисковому робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами для зниження питомої енергоємності

процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді.

Завдання досліджень:

- розробити конструктивно-технологічну схему подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами;
- провести теоретичний аналіз робочого процесу подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами і визначити фактори, що впливають на енергоємність процесу;
- визначити конструктивно-технологічні параметри комбінованих ріжучих сегментів, розташованих на дисковому робочому органі;
- провести експериментальні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді і перевірити чинники, що впливають на енергоємність, визначити їх раціональні конструктивно-технологічні параметри;
- дати економічну оцінку впровадження пропонованого подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами і розробити методику розрахунку основних конструктивно-технологічних параметрів.

Методи досліджень. Аналітичні дослідження проводилися із застосуванням основних аспектів вищої математики, теоретичної механіки.

І СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Характеристика виробничої діяльності тваринницьких підприємств малих форм господарювання

Завдання для вирішення проблеми постачання м'ясом, молоком та іншими продуктами тваринництва населення країни знайшли відображення в програмі розвитку АПК. У державній програмі розвитку сільського господарства на період до 2025 року визначено основні цілі та завдання: стимулювання інвестиційної діяльності та інноваційного розвитку агропромислового комплексу; реалізація заходів з розвитку сільського господарства і регулювання ринків сільськогосподарської продукції, сировини і продовольства та інші [13,93].

Характерною особливістю розвитку тваринництва в сучасних умовах є багатоукладність сільського господарства: фізичні, юридичні особи, особисті підсобні господарства (ЛПГ), селянські (фермерські) господарства К(Ф)Г, малі сільськогосподарські організації і споживчі кооперативи [70].

В агропромисловому комплексі здійснюють діяльність 3,2 тис. Сільськогосподарських підприємств, 15,7 тис. Селянських (фермерських) господарств та індивідуальних підприємців, а також 900,2 тис. Особистих підсобних господарств населення, з яких близько 60% припадає на сільськогосподарські підприємства і близько 25% - на особисті підсобні господарства населення[70] (рисунок 1.1).

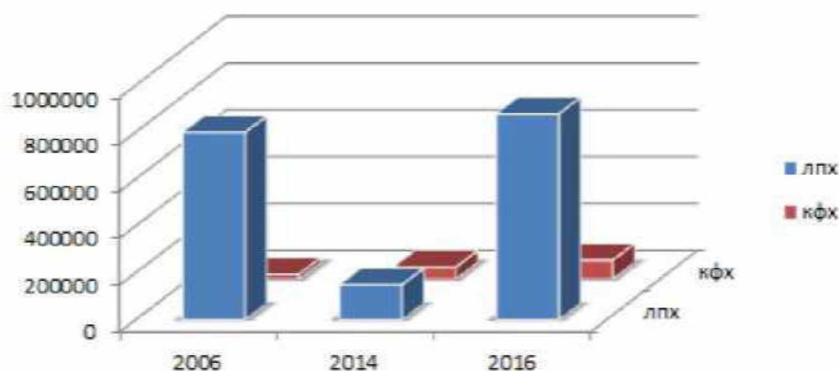


Рисунок 1.1 - Кількість ЛПГ та СФГ

Станом на 1 квітня 2018 року на частку малих форм господарювання в загальному обсязі сільськогосподарського виробництва припадає: 32% (114,4 тис. тон) від крайового обсягу молока, 27,6% (33 тис. тон) від виробленого в краї худоби та птиці на забій у живій вазі і 37% (149 млн. шт.) від виробленого в краї яйця (рисунок 1.2).

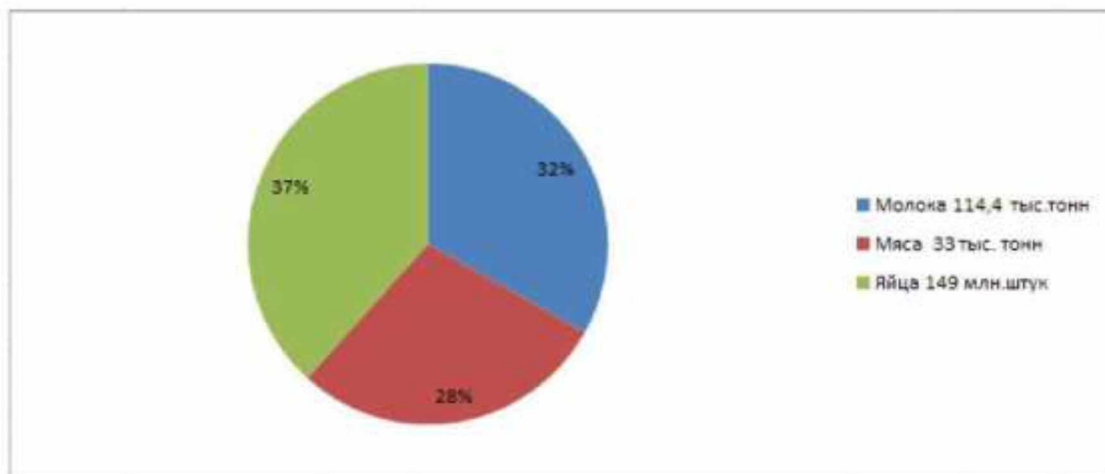


Рисунок 1.2-Частка продукції малих форм господарювання в загальному обсязі сільськогосподарського виробництва

Щоб важливі для здоров'я тварин корисні мікроелементи в кормах, добре засвоювалися їх необхідно подрібнити. Так як зі збільшенням активної поверхні частинок стеблових кормів, прискорюється процес травлення у тварини і корми ними краще засвоюються [49,81,82,95,96,106,115].

Для вирощування і відгодівлі молодняку застосовують різні види кормів, їх раціон, в залежності від способу та утримання тварин [36,37,38,39].

Типовий раціон включає різні найменування кормових елементів відповідно до технології системи годування тварин [15,16,23]. Приблизний раціон для корів різної продуктивності живою масою 500 кг в зимовий період, кг на одну голову на добу представлений [42,43,44,45,48,71,72] таблиці 1.1.

При нестачі в раціоні перетравного протеїну, мінеральних речовин, а також при порушенні травних процесів в рубці тварини, викликаних неправильним раціоном, знижуються надої і відсоток жиру в молоці [117,118,119,120,121,122,123].

Таблиця 1.1 - Раціон для корів в зимовий період, кг на одну голову на добу (маса тварини 500 кг)

Компоненти	Добовий удій, кг		
	11,5	15	20
Сіно, кг	5,0	5,5	6,0
Силос, кг	16,0	12,5	9,0
Сінаж, кг	6,0	7,0	7,0
Коренеплоди, кг	6,0	10,0	18,0
Концентрати, кг	2,4	4,0	6,8
Кухонна сіль, г	75,0	85,0	105,0
Всього, кормових одиниць	10,5	12,3	15,4

Розвиток і здоров'я теляти, вгодованість, висока продуктивність, попередження від розладів травлення в значній мірі визначаються умовами годівлі та утримання корів в Тільну сухостійних період, який триває 4-6 тижнів (таблиця 1.2) [104]. У літній період стеблові і соковиті корми замінюють зеленою масою відповідної їх поживності і кількості. Середньодобові прирости становлять: 7 ... 12 міс. - 750 г; 13 ... 18 мес.- 850 г. Жива маса однієї тварини на початку періоду 155 кг; в кінці періоду 445 кг (таблиця 1.3) [104].

Таблиця 1.2 - Кормовий раціон для сухостойної корови з живою вагою 500 кг, з удоєм 15 кг молока з 4% жиру

корми	Кількість кг	Вміст				
		Кормових одиниць, кг	перецьравного протеїну, г	кальцію, г	фосфору, г	каротину, г
Силос	15	3	210	23	83	225
Сіно	6	2,52	288	36	13	90
Макуха	0,7	0,77	277	3	7	1
Висівки пшеничні	1,5	0,1	195	2	15	6
хвойна	1	-	-	-	-	80

Проаналізуємо необхідну продуктивність подрібнювача стеблових кормів.

Продуктивність мобільного подрібнювача можна визначити з виразу [55,69]:

$$Q = \frac{V_p \cdot q}{l_1 \cdot n}, \quad (1.1)$$

де V_p - робоча швидкість агрегату, м / с; (Для МТЗ-80) $V_p = 0,5 - 1$ м / с;

Q - добова норма видачі корму на 1 голову, кг, для сіна - $q = 4-6$ кг [55];

l_1 - фронт годівлі, що припадає на 1 голову.

Для молодняка ВРХ - $l_1 = 0,4 - 0,7$; для корів - $l_1 = 0,6 - 1,2$ м [55,69];

n - кратність годування на добу. Зазвичай $n = 2 - 3$.

Таким чином, розрахункова продуктивність подрібнювача стеблових кормів (сіна) до 2,0 т / год.

Погана організація процесу заготівлі стеблових кормів і подрібнення кормів призводить до значних втрат, знижує продуктивність тварин і ефективність виробництва. Якісні стеблові корми (сіно, солома) особливо необхідно високопродуктивним тваринам - дійним коровам, м'ясному худобі, ягнятам і робочим коням.

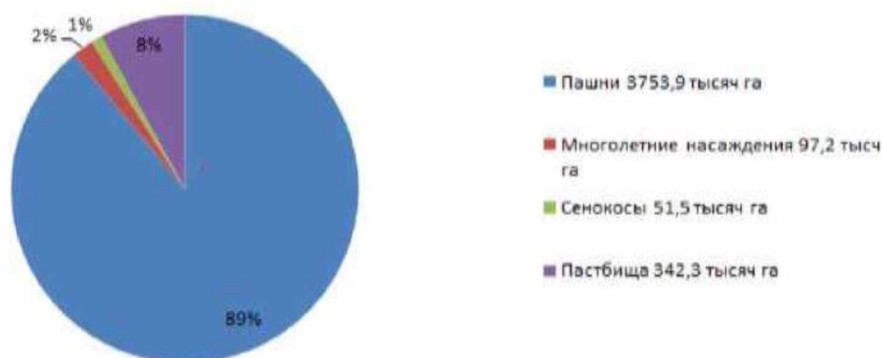


Рисунок 1.4 - Розподіл сільськогосподарських угідь категорії с/г призначення

Сіно може бути приготоване з трав залежно від ботанічного складу і способу їх вирощування альпійським, бобово-різнотравні, осокових, вейніково, гірським, їжаки збірної, злакових, залежних, злаково-полиновим, заливного луки, кропив'яним.

В цілому ж всі види сіна природних угідь повинні мати такі показники: вологість не більше 15%, кількість сухої речовини може коливатися від 820 г до 890 г. У сухій речовині повинно міститися кормових одиниць від 0,31 (сіно з кропиви) до 0,63 (сіно з альпійських трав). Кількість білка може коливатися від 208 г в 1 кг (сіно з кропиви). Кількість безазотистих екстрактивних речовин, до складу яких входять цукор, крохмаль і клітковина, також по-різному і в основному залежить від фази скошування трави (бутонізація, цвітіння або дозрівання насіння).

Пресування є перспективною способом підготовки стеблових кормів до зберігання (гарна якість зберігається сіна, зменшуються фінансові та трудові витрати, можливість механізованої роздачі і дозування при згодовуванні. У багатьох країнах далекого зарубіжжя пресується до 90% заготовленого сіна (США). Однак стримуючим фактором використання такого способу є відсутність коштів для навантаження, завантаження, пресування, подрібнення, а також висока вартість вже існуючого обладнання (рисунок 1.5).



а



б

Рисунок 1.5 - стебловий корм, заготовлені в тюках (а) і рулонах (б)

Для того щоб заготовити сіно в тюках необхідно здійснити наступні операції: скошування трави, формування валків з неї, їх підбір і формування рулонів або тюків. Потім їх складають у штабелі і перевозять в сховище. Рулон в діаметрі може мати розмір від 1 до 1,8 м. Пакунки мають найрізноманітніші розміри: від 400 x 500 x 700 до 900 x 1200 x 2600 мм. Маса тюків і рулонів може коливатися від 15 до 700 кг (таблиця 1.4).

Таблиця 1.5- Фізико-механічні властивості стебел

Сіно в тюках		Сіно в рулонах	
Розмір, см	вага, кг	Розмір (діаметр / довжина), м	вага, кг
38x53x30	5-6	1,1 / 1,2	120-200
90x50x35	15- 20	1,45 / 1,2	220-375
82-	20-22	1,8 / 1,5	450-700
		1,5 / 1,2	320 / 500-450-700
		1,2 / 1,2	150
		1,4 / 1,4	240

Перевагами заготівлі сіна в тюках або рулонах являються зниження втрати при збиранні; Мінімальні втрати листової частини рослин найбільш їх живильним частини; зменшення трудовитрат; ефективне використання сховищ [110] .; втрати не перевищують 5% при збереження врожаю.

Стеблові корми як пружно - вязкопластического матеріал має волокнисту структуру і виражену анізотропність (залежність фізичних властивостей речовини (механічних, теплових, електричних, магнітних, оптичних) від напрямку). До числа найважливіших фізичних властивостей стеблових кормів відноситься їх щільність (кг/м), що показує яка кількість маси міститься в одиниці об'єму. Вона залежить від вологості, ботанічного складу травосуміші, крупності частинок [51]. Характеристика фізико-механічних властивостей стебел приведена в таблиці 1.5. Для кормів знати характеристики властивостей і умови навантаження, при яких має відбутися обов'язкове їх руйнування, необхідно для того, щоб відшукати умови і робочі режими машин, при яких руйнування частинок переробляється корми буде можливо з найменшою витратою енергії. Якість подрібнення матеріалів повинно бути саме різне, в залежності від умов подальшого використання. Після подрібнення стеблових кормів середньозважений розмір частинок повинен знаходитися в межах від 30 до 50 мм. При використанні в якості підстилки середній розмір часток після подрібнення повинен бути в межах 80-100 мм.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що:

- особисті, підсобні та селянські (фермерські) господарства

відіграють важливу роль у вирішенні проблеми забезпечення населення продукцією тваринництва;

- для підвищення продуктивності тварин і ефективності виробництва необхідні якісні корми;
- стеблові корми становлять (до 60 %) основну частину раціону для ВРХ;
- містять велику кількість клітковини (до 32%), тому для підвищення засвоюваності поживних речовин, вимагають подрібнення перед споживанням;
- перспективним способом заготовки є спосіб пресування в рулони і тюки;
- параметри і режими роботи подрібнювача стеблових кормів необхідно вибирати виходячи з того, що один з основних етапів підготовки до згодовування стеблових кормів є технологічний процес подрібнення, який повинен відбуватися з найменшою витратою енергії, отже, необхідно враховувати фізико-механічні властивості стеблових корм, а також розміри тюків або рулонів;
- розрахункова продуктивність подрібнювача стеблових кормів становить (сіна) до 2,0 т / год.

В даний час на ринку сільськогосподарської техніки величезний вибір машин з різними технічними показниками.

Проведемо аналіз основних конструкцій машин вітчизняного та зарубіжного виробництва, які можливо застосовувати в умовах малих форм господарювання і розглянемо їх основні технічні характеристики: продуктивність, потужність, питому енергоємність.

1.2 Аналіз існуючих конструкцій машин для подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді для ферм ВРХ

Подрібнювач соломи стаціонарний ІСС-180 (рисунок 1.6). Його призначення завантаження подрібнення сіна, соломи в рулонах.

Вивантажується відпрацьований матеріал в навал або транспортний засіб [25].

Рисунок 1.6 - Подрібнювач соломи стаціонарний ІСС-180 та подрібнювач



стаціонарний ІРР-1М

Стаціонарні подрібнювачі ІРР (рисунок 1.7) призначені для подрібнення соломи і сіна. Дозволяють подрібнювати соломі і сіно в рулонах і тюках циліндричної форми в січку різної довжини [26].

Подрібнювач рулонів корму ІРК-145 (рисунок 1.9.) Призначення даної машини - подрібнення грубих кормів, підстилкового матеріалу в рулонах. А потім подача їх в годівниці або в стійла тварин [28].

Робочими органами подрібнювача є фреза - це диск з 8 ножами, рулон притискаючись до фрези під дією власної ваги подрібнюється. Подрібнена маса потрапляє на лопаті крильчатки ротора і виноситься вгору, а потім надходить в вивантажний рукав [29].

Даний подрібнювач рулонів ІР-1,8 (рисунок 1.10) має можливість самозавантаження, подрібнення рулонів сіна, сінажу в упаковці і соломи. Потім транспортує і подає подрібнений матеріал на кормовий стіл або в якості підстилки для тварин [30].

Подрібнювач кормів роторний РВК - 88 (Рисунок 1.11) призначений для подрібнення грубих кормів в розсипному і пресованому видах (рулонів або тюків соломи та сіна), при цьому вологість коливається в межах від 20 до 60 відсотків і вище з одночасним навантаженням подрібненої маси в транспортні кошти. Застосовується на фермах великої рогатої худоби на 100 - 2000 голів у всіх зонах тваринництва[17]



Рисунок 1.9 - Подрібнювач грубих кормів в рулонах ИРК – 145 та ИР-1,8

Подрібнювач соломи навісний ІСН-1,8 (рисунок 1.12) призначений для подрібнення і розкидання соломи як для годування тварин, так і для подстилки в стійловий період. Подрібнюючий ротор з набором молотків і сит дозволяє подрібнювати соломі різних фракцій. Підстилка з кращими показниками вбирання гарантує чистоту тварин і гігієну місця відпочинку тварин



Рисунок 1.11 - РІК-88



Рисунок 1.12 - ІСН-1,8

Продуктивність даного обладнання від 400 до 120 кг / год. Машина подрібнює, а завантаження проводиться вилами, що зручно в умовах роботи малих ферм, а також в комплект входить решітка для отримання фракції подрібненого матеріалу 25-30 мм.



Рисунок 1.13 - Кормоизмельчитель КР-02 , Соломорізка НХ

Для приготування кормів (подрібнення соломи, сіна, трави) для свійської птиці та тварин в умовах особистого підсобного господарства пропонується січкаря виробництва Туреччини НХ. Потужність машини до 3 кВт (рисунок 1.14).

Оцінка роботи подрібнювача проводиться за його технічними характеристиками, а саме продуктивності, питомої енергоємності, якості подрібнення, а їх обумовлюють конструктивні параметри.

Таким чином, в таблиці 1.6 проаналізовано порівняльні характеристики вищевказаних подрібнювачів.

Для отримання подрібненого готового продукту в машинах використовують різні принципи руйнування: стиснення, зрушення, удар, різання та інші. Використання різних принципів впливають на енергоємність процесу і фракційний склад готового матеріалу.

Подрібнювач рулонів RB 1200 KRUK (Польща) призначений для подрібнення рулонів, RB 1500 KRUK - для подрібнення рулонів і тюків [31]. Ножевой барабан подрібнює подається матеріал і подає на лопаті розкидає ротора, що забезпечує велику прохідну здатність і продуктивність машини [31]. Ніж для круглих рулонів фірми GO WEIL (Нідерланди) призначений для подрібнення і подачі сінажу, сіна і силосу, спресованих в циліндричні рулони.

Таблиця 1.6 - Порівняльна характеристика деяких подрібнювачів кормів

Модель	Габаритні розміри ДхШхВ, мм	Продуктив- ність, т \ год	потужність приводу, кВт	Питома енергоємніс- ть, кВт-год / т	Подрібню- ючий апарат
РВК-88	3400х4636х3200	5,0	55	11	молотки
ІРК-145	3800х2400х2500	3,18	50	15,7	ножі
ІСН-1,8	4190х2150х2640	1,85	до 50	27,02	молотки
ІСС-180	1000х2600х3300	2,5	49	19,6	Ножі, молотки
ІР-1,8	6100х2875х3100	3,9	55	14	молотки
ІРР-1М	2370х2100х2300	2,0	40	20	молотки
КР-02	-	0,4	4,5	11,25	-
НХ	-	0,2	3,0	15,0	-
Пропонований подрібнювач	570х570х755	1,5-2	5	2,5-3	ножі

Коли ніж відкритий, рулон захоплюється за допомогою зубів і перевозиться на ділянку годування. Рулон утримується за рахунок легкого тиску при контакті з ножем [57]. Розмотувач рулонів РВА дає можливість оптимальної видачі кормової маси безпосередньо на кормовий стіл [31]. Телескопічна вантажна рука, що встановлюється збоку, дозволяє легко підбирати рулони в місці зберігання [75]. для подрібнення рулонів або тюків сіна соломи всіх розмірів і одночасно роздачею на кормовий стіл [32]. Подрібнювач - видувач соломи барабанного типу - Tomahawk 505M призначений для розподілу підстилки в тваринницьких приміщеннях. Подрібнюючи рулон за 4-6 хвилин, викидає подрібнену соломку на відстань до 10 м і на висоту до 1,9 м з вивантажують жолобом. Подрібнена солома варіює від 2 до 12 см [33].

Технічні характеристики технічних засобів закордонного виробництва

представлені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Технічні характеристики подрібнювачів кормів

Найменування параметрів	показники подрібнювачів		
	подрібнювач рулонів RB 1200	подрібнювач рулонів Uniball 1800 причіпний	подрібнювач соломи Tomahawk 505M
Встановлена потужність приводу,	38,5	30,8-53,9	46,2-53,9
Подрібнюючий апарат	ріжучий барабан	дисковий подрібнювач	дисковий подрібнювач

Розглянуто патенти по кормоприготувальних машинах в пресованому вигляді. На рисунку 1.15 представлена конструктивно - технологічна схема роздавальника - подрібнювача стебельчатого корму. [59,60]. Робочі органи: подрібнюючі елементи, розміщені навпроти зони надходження сипучого корму з живильника, закріплені з різноспрямованим нахилом до траєкторії їх обертального руху [56,60]. Подрібнювач - роздавальник пресованих кормів (Рисунок 1.16). [61]. Робочі органи: подрібнюючі елементи виконані у вигляді ножів сегментної форми. Пристрій також забезпечений подрібнювачем,

Подрібнювач-роздавальник стебельчастих матеріалів. Робочі органи: блок бітерних барабанів з ріжучими елементами, подрібнююче пристрій у вигляді приводного ротора з измельчаючими елементами [62].

Подрібнювач кормів (Рисунок 1.17). [5]. Ріжучий ротор з зчісуються зубами

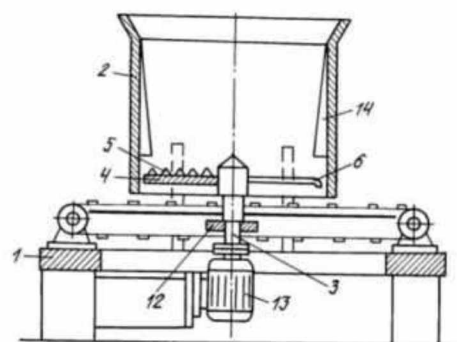
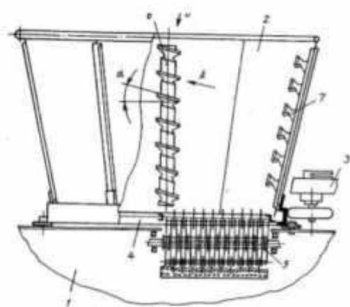


Рисунок 1.17- Конструктивно-технологічна схема подрібнювача кормів



Рисунок 1.18- Конструктивно технологічна схема подрібнювача корму, сформованого в рулони

Подрібнювач корму, сформованого в рулони (рисунок 1.18). Робочі органи: диск отделителя корми, що містить подрібнюючі елементи і консольно-закріплені лопатки всередині бункера [63]. Подрібнювач кормів (Рисунок 1.19).

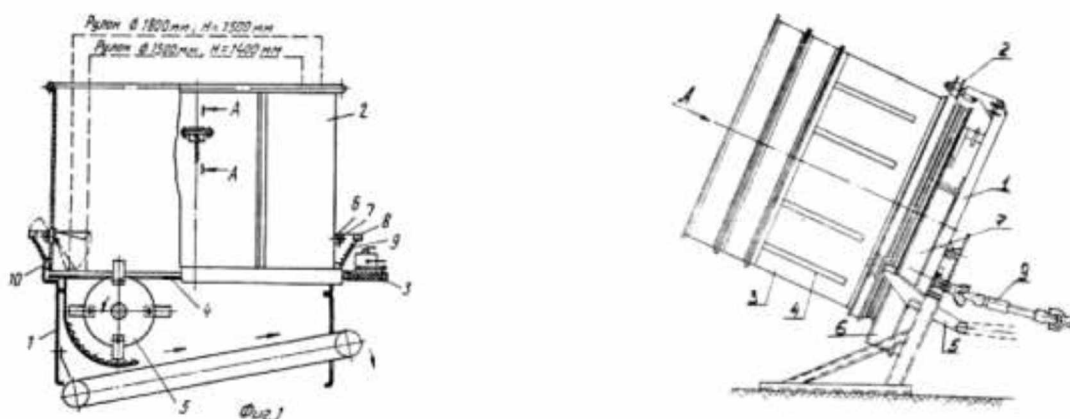


Рисунок 1.19 - Конструктивно-технологічна схема подрібнювача кормів

Л.К.Жуковская. Робочі органи: Ріжучий ротор [5]. Подрібнювач кормів (Рисунок 1.20). Подрібнюючий апарат виконаний у вигляді закріплених на диску ротора подрібнюючих ножів і шарнірно встановлених молотків [64]. Таким чином, рівень механізації подрібнення кормів на малих формах господарювання в 2-5 разів нижче, ніж інших процесів.

Трудомісткість технологій приготування кормів сільськогосподарських тварин, різні варіанти раціонів кормів, способів заготовки, їх зберігання негативно впливають на ефективне застосування обладнання на малих фермах. Із проведеного вище аналізу конструкцій машин для малих форм господарювання підходять машини: ИРР-1М; ІР-1,8; ІСС-180, але їх істотний

недолік досить висока енергоємність. Необхідно розробити ресурсосберегаюче технічний засіб для МФХ.

1.3 Класифікація подрібнювачів кормів

Вид подрібнення - це процес різання лезом. Характер руху ножа щодо матеріалу, що ріжеться матеріалу має перврстепенное значення. Залежно від руху ножа різання поділяють на рубас і ковзне. Способами змінного різання можна назвати:

- спосіб різання, ролучаемий вібрацією ножа,
- кут ножа до протіворежущей пластині,
- криволинейная форма ножа (рисунок 1.21).

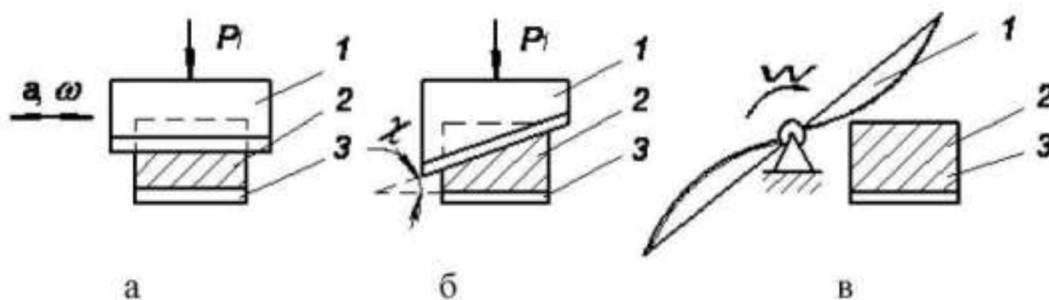


Рисунок 1.21 - Види змінного різання:

а) вібраційне; б) похиле; в) плоскооберстове: 1 - ніж, 2 - перерізи матеріалу; 3 - протирізальна пластина

Для того, щоб застосувати той чи інший спосіб подрібнення і конструкції робочих органів подрібнювачів стеблових кормів, слід враховувати фізико - механічні властивості кормів, а також вологість, температуру, щоб руйнування матеріалу було досягнуто при найменших напруженнях і витраті енергії. В цьому відношенні розколювання, стирання або різання представляються більш вигідними.

Теоретичні та експериментальні дослідження ножових подрібнювачів показали перевагу подрібнювачів з шевронними лезами ножів [60]. Подрібнюючі пристрої виконуються також у вигляді молоткастого ротора або ножового.

Молоткові апарати довговічні і надійні, проте ці апарати мають високий витрата енергії на привід. Барабани з ножами мають значне поширення, однак їх не вигідно застосовувати, якщо подрібнювати матеріал, які тривалий час зберігається на відкритих майданчиках, через наявність сторонніх частин.

Таким чином, важливе значення має стан, вид і конструктивні параметри робочих органів подрібнюючих машин: двохплощинні дугового профілю або зубчасті сегменти, спосіб підведення вихідного матеріалу в зону подрібнення і відведення готового продукту і інші. Тому необхідно оптимізувати конструктивно-технологічні параметри та режими роботи подрібнюючих технічних засобів.

Подрібнюючі машини складаються з бункера - живильника, подрібнюючого пристрою і відвантажувального пристрою. Бункери - живильники виконуються у вигляді горизонтальних з рухомим дном і обертаються з похилим і вертикальним розташуванням [96].

Вертикальні забезпечують подачу стебельчастих кормів в будь-якій формі: рулонів, тюків або розсипний вигляді. Похилі можна застосовувати тільки при подрібненні рулонів, так як при завантаженні в них матеріалів має місце великі втрати за рахунок викиду їх з бункера [96]. Також перевага гравітаційного способу подачі в тому, що додатково діє робота гравітаційної сили, яка за своєю величиною прямо пропорційна масам цих тіл і обернено пропорційна відстані між ними, зведеному в квадрат.

Перспективним напрямком для вивантаження готового подрібненого матеріалу є комплекс пристроїв, які переміщують цей матеріал за допомогою стиснутого повітря.

Отже, існує проблема вдосконалення наявних технічних засобів шляхом поліпшення робочих органів і ріжучого апарату [19, 55, 79, 108, 59, 98, 99, 100]. Розроблена класифікація [94] подрібнювачів кормів (Рисунок 1.22) дозволяє вибрати напрямки в створенні найбільш поліпшеної конструктивно-технологічної схеми подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді.

Аналізуючи існуючі технічні засоби для доставки, подрібнення і роздачі

кормів тваринам, і вивчаючи раніше розроблені схеми класифікацій, можна поділити подрібнювачі наступним класифікаційними ознаками (рисунок 1.22): по роду використання; за конструктивним виконанням; за способом подачі корму; по розташуванню ріжучого апарату; по конструкції ріжучого апарату; за способом подрібнення кормів; по виду різання; по виду подрібнюючих елементів; за способом вивантаження кормів[110].

Відповідно до класифікації всі подрібнювачі діляться на стаціонарні та мобільні, причому за конструктивним виконанням мобільні діляться на причіпні, напівпричіпні, навісні, а стаціонарні - підвісні і наземні.

За способом подачі корму до подрібнюючим робочим органам: під дією гравітаційних сил, тобто самопливом і примусово за рахунок потужності механічного кошти - транспортером, повітряним потоком вентилятора, розрядженням.

Подрібнюючий робочий орган - ріжучий апарат може бути горизонтальний, похилий, вертикальний, а конструкції ріжучого апарату: барабанні, дискові, шнекові, бітерніе.

Подрібнювати корм можна плющенням, дроблення ударом, розколюванням, стиранням, різанням. Відповідно до теорії різання лезом існують такі види різання: нормальне, похиле, ковзне (рисунок 1.21) [110].

Спосіб вивантаження кормів в годівниці тваринам підрозділяється на: пневматичний, механічний і самопливом [110].

Існують способи передачі крутного моменту механізмам, а саме за допомогою електричного приводу, тобто керованою електромеханічною системою, призначеної для перетворення електричної енергії в механічну і управління цим процесом і вала відбору потужності, в якому вузол трактора, передає обертання від двигуна на механізми. Найбільш практичним способом є можливість суміщення в технічному засобі обох способів [59].

Таким чином, для зниження питомої енергоємності та спрощення конструкції при подрібненні пресованих кормів, доцільно використовувати технічні засоби з електроприводом, з гравітаційною подачею матеріалу на

дисковим робочим органом з двоплощинних сегментами дугового профілю і горизонтальними зубчастими сегментами, розташованими по периметру подрібнюючого робочого органу, що здійснює ковзне різання в двох або декількох площинах з пневматичною подачею матеріалу в годівниці тваринам.

Дослідження вчених і досвід подрібнення стеблових кормів измельчителями встановили, що подрібнення важливий технологічний процес при подрібненні кормів, які вимагають значних енерговитрат. В цілі і завдання цих досліджень процесу подрібнення кормів, входить розгляд технології та технічних засобів механізації подрібнення для обґрунтування теоретичних і експериментальних напрямків досліджень щодо вдосконалення механізованих процесів.

Витрата енергії на подрібнення може бути визначений з існуючих теорій подрібнення. Поверхнева теорія виходить з того, що при подрібненні робота витрачається на подолання сил молекулярного тяжіння по поверхнях руйнування матеріалу. З цієї теорії випливає, що робота, необхідна для подрібнення, пропорційна знов утворюється поверхні матеріалу, що подрібнюється. Об'ємна теорія виходить з того, що при подрібненні робота витрачається на деформації матеріалу до досягнення граничної руйнує деформації. Звідси випливає, що робота, необхідна для подрібнення, пропорційна зменшенню обсягу шматків матеріалу перед їх руйнуванням [49,50,51].

Науковою основою робіт в області механізації подрібнення кормів є праці академіків В. П. Горячкина, В.А. Желіговського, а також М.М. Гернета, І.В. Макарова, С.В. Мельникова, отримали подальший розвиток в дослідженнях В.Г. Коби, В.Г. Артем'єва, А.А.Артюттїна, А.І.Завражнова, В.І.Земскова, Г.М. Кухти, Н.Є. Резника, І.А. Уланова, І.М. Краснова, А.М. Семеніхіна, Лебедєва А.Т., Доценко С.М., Фролова В.Ю. і багатьох інших вчених і дослідників [2,10,14, 20,21,46,50,51,52,77,78,102].

Аналізуючи вищесказане вважаємо, що дослідження і розробка з низькою питомою енергоємністю, високоефективних конструкцій машин з подрібнення

стеблових кормів має першорядне значення на сучасному етапі сільськогосподарського виробництва. І вони повинні розвиватися в напрямку зниження енерговитрат [7,8,11].

Можна відзначити, що в даний час переважають два шляхи по розробці і створенню нових машин, що дозволяють ефективно подрібнювати стеблові корми. Перший, це при використанні існуючих технологій приготування стеблових кормів йде вдосконалення робочих органів, конструкцій, робочого процесу подрібнення. При цьому основним моментом є енергозбереження. А друге напрямком це розробка машин на основі енергозберігаючих технологій в подрібненні кормів.

Таким чином, щоб оцінити енергоємність подрібнюючого пристрою необхідно знати продуктивність, залежну від конструктивно-режимних параметрів, від характеристики вихідної сировини, ступеня подрібнення.

Основними показниками роботи машин з подрібнення кормів є продуктивність, ступінь подрібнення і якість подрібнення, питома енергоємність подрібнення.

Аналізуючи дослідження щодо підвищення ефективності процесу і технічних засобів механізації подрібнення кормів, проведені Альошкіна В.Р. можна зробити висновки про те, що організація подрібнення кормів за багатоступеневою схемою є ефективним засобом зниження енерговитрат і поліпшення якості продуктів подрібнення. Їм розроблений метод оптимізації багатоступеневого подрібнення кормів. Отримані аналітичні вирази дозволяють знайти оптимальний розподіл ступеня подрібнення між ступенями послідовного процесу [2,3].

Розроблено методику розрахунку та обґрунтовані прийоми підвищення ефективності багатоступінчастої схеми подрібнення кормів з проміжним відбором продукту. При управлінні процесом по масі циркулюючої навантаження і по співвідношенню між ступенями подрібнення, виходячи з критерію мінімуму енерговитрат[3].

Теоретичні дослідження, проведені Башкова А.Ф., робочого процесу двох

роторного подрібнювача грубих кормів відкритого типу дозволили: отримати аналітичні залежності для розрахунку ударного імпульсу одиночного стебла по подрібнювальній лопатці, за допомогою яких можна оцінити ймовірність руйнування стебла; отримати формули для розрахунку пропускної здатності і питомих витрат енергії; розроблена методика інженерного розрахунку двох роторного подрібнювача грубих кормів відкритого типу[9].

Дослідження вчинені Корбаневим С.В. з питання вдосконалення процесу змішування кормів і обґрунтування параметрів подрібнювача-змішувача дозволили визначити продуктивність машини при подрібненні силосу[39].

Отримано аналітичні вирази для визначення величини технологічного зазору, потужності та інших показників.

Дослідником Какабаєвим О. з питання підвищення ефективності роботи подрібнювача - змішувача кормів проведені теоретичні дослідження по визначенню кривизни ножа подрібнювача-змішувача, виявити аналітичні вирази для визначення частоти обертання робочого органу, продуктивності машини і її енергоємності [35].

Сарбатовой Н.Ю. були проведені дослідження з питання вдосконалення процесу приготування і роздачі грубих кормів рулонної заготовки [89].

В результаті теоретичного дослідження Сергієнко А.Г. питання вдосконалення процесу підготовки грубих кормів та підстилки подрібнювачем з похилим обертовим бункером були отримані формула продуктивності подрібнювача, потужності [88]. Виробничої перевіркою було встановлено, що технологічний процес оброблення рулонів ножовим подрібнюючим апаратів відрізняється високою ефективністю, а введення протиріжучими елементів в Подрібнюючий робочий орган молоткастого типу дозволяє регулювати якісні показники процесу та забезпечує утримання фракцій 30-50 мм в подрібненому кормі відповідно до зоотехнічeskими вимогами [88].

1.5 Висновки і завдання дослідження

За результатами проведеного аналізу можна сказати, що існує проблема: є

спектр машин, призначених для подрібнення стеблових кормів, але аналіз показників питомої енергоємності цих технічних засобів показав, що вони досить високі. В умовах малих форм господарювання необхідний агрегат, який виконує функції приготування кормів в поєднанні з фінансовими можливостями споживача, але для малих форм господарювання таких машин розроблено мало. Таким чином, необхідно технічний засіб з низькою енергоємністю, щоб підвищити ефективність роботи в селянсько-фермерських господарствах, ЛПГ та інших МФХ.

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно було вирішити такі основні завдання:

- розробити конструктивно-технологічну схему подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами;
- провести теоретичний аналіз робочого процесу подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами і визначити фактори, що впливають на енергоємність процесу;
- визначити конструктивно-технологічні параметри комбінованих ріжучих сегментів, розташованих на дисковому робочому органі;
- провести експериментальні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді і перевірити чинники, що впливають на енергоємність, визначити їх раціональні конструктивно-технологічні параметри;
- дати економічну оцінку впровадження пропонованого подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами і розробити методику розрахунку основних конструктивно-технологічних параметрів.

2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми подрібнювача стеблових кормів

Вищевказаний аналіз показує, що з точки зору ресурсозбереження та досягнення якісних показників ефективніше застосовувати машини, оснащені комбінованими ріжучими сегментами. На основі вищесказаного пропонується технічне рішення, що дозволяє знизити витрати праці, засобів, енергії.

Таке конструктивне рішення дозволяє поліпшити якість корму за рахунок рівномірної подачі рулону за допомогою голки і спрямовуючої шнекової навівки, а також те, що матеріал перерізується в двох площинах измельчаючими двоплощинних дугового профілю сегментами і зубчастими измельчаючими елементами [11,12,35,65,66, 67,68,100,101,108,109,110,111].

Подрібнювач корми, складається з бункера вертикального, циліндричного 1, розміщеного на рамі з ходовою частиною 5, по внутрішньому периметру якого розташована шнекова навівка 8, в донній частині бункера розташований Подрібнюючий робочий орган конусного типу 3 по осях якого закріплені подрібнюючі двохплощинні дугового профілю сегменти 12, а в міжосьовій просторі робочої поверхні диска радіально виконані горизонтальні зубчасті подрібнюючі елементи 11, в поперечному перерізі яких розташовані ромбообразні отвори 13 (фігура 3), циліндричний бункер в осьовому вертикальному напрямку оснащений голкою 7, закріпленої за допомогою підшипників 9 (фігура 1) під корпусом подрібнюючого робочого органу 3; при цьому на голці зафіксовані Подрібнюючий робочий орган конусного типу 3 і лопатеве колесо 4, від приводу шківів 10.

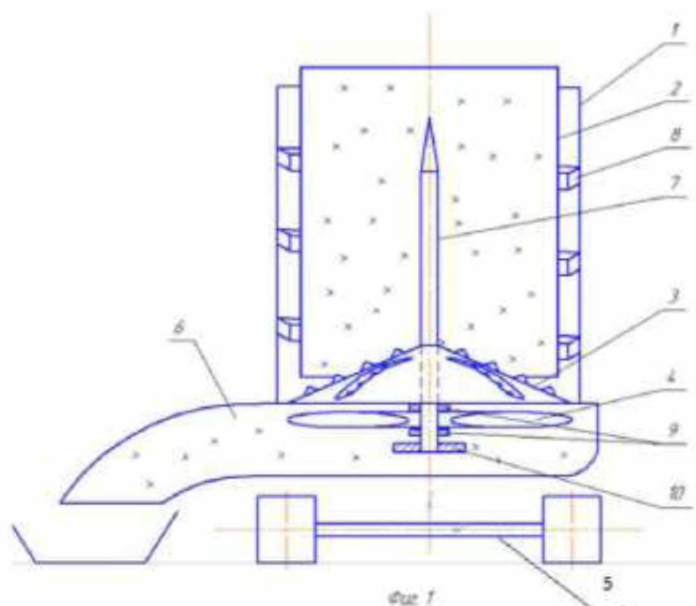


Рисунок 2.1 - Конструктивно-технологічна схема подрібнювача грубих кормів: 1 - бункер; 2 - рулон; 3 - подрібнюючий робочий орган конусного типу; 4 - лопатеве колесо; 5 - ходова частина; 6 - воздуховодом; 7 - голка; 8 - шнекова навівка; 9 - підшипник; 10 - привід шківа

Подрібнювач працює наступним чином. Моноліт у вигляді рулонного тюка 2 подають в вертикальний циліндричний бункер 1, розміщений на рамі з ходовою частиною 5, з шнекової навивкою 8, наколюють на голку 7. За рахунок взаємодії і рулонного тюка з навивкою 8 і сил гравітації, примусово тюк подається на подрібнення робочий орган конусного типу 3. При взаємодії матеріалу з зубчастими измельчаючими елементами 11 і измельчаючими двоплощинних дугового профілю сегментами 12 відбувається подрібнення як уздовж так і впоперек волокон. Подрібнений матеріал надходить в ромбообразний отвори 13, звідки подається за допомогою лопатєвого колеса 4 в вивантажний повітропровід 6, за допомогою якого завантажується в годівниці тварин [12,35,65,66,67,68,100,101,108,109,110,111].

Запропонована конструкція в порівнянні з іншими технічними рішеннями має такі переваги: рівномірний вплив на матеріал в поздовжньо-поперечних напрямках (Багатоплощинний різання); зниження енергоємності машини за рахунок різання з ковзанням і транспортування кормів в годівниці або

підстилки в стійла повітряним потоком; поліпшення якості подрібнення; підвищення експлуатаційної надійності і терміну служби [12,65,66,67,68,100,101,108,109,110,111].

Виходячи з розглянутих технічних характеристик відомих подрібнювачів, проєктована конструктивно-технологічна схема подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами, виконана в компактному вигляді, повинна відповідати умовам:

Продуктивність, т / год -1,8-2,0 Розмір подрібнених частинок, мм - 20-60
Потужність, кВт - 5

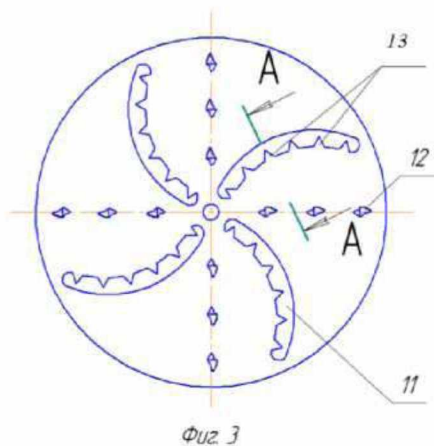


Рисунок 2.2 - Подрібнюючий робочий орган:

11 - зубчастий подрібнюючий елемент; 12 - двухплоскостний сегмент; 13 - ромбовидний отвір

2.2 Визначення факторів, що впливають на енергоємність процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді, і продуктивності подрібнювача стеблових кормів

Технологічний процес подрібнення стеблових кормів є найбільш енергоємною операцією, на нього витрачається до 50% електроенергії, причому більша частина, якої витрачається нерационально, перетворюючись в тепло та інші види енергії. Тому проблеми зниження енергоємності і зведення до

мінімуму втрат поживної цінності кормів без погіршення якісних показників в процесі їх подрібнення є дуже актуальними.

При різанні (це подрібнення з застосування м леза) зменшується лінійний розмір матеріалу, збільшуються число нових частинок і їх сумарна площа бічної поверхні. Робочий процес різання лезом складається з двох етапів: ущільнення і різання матеріалу.

Основними факторами, від яких залежить енергоємність процесу подрібнення кормів, є: вид і вологість матеріалу, швидкість під кутом ковзання, вид ріжучого інструменту і його розташування, геометричні параметри різального інструменту (кути заточування, гострота, шорсткість), продуктивність та інші.

Величина питомої енергоємності процесу визначаємо як відношення енергетичної потужності двигуна до годинної продуктивності:

$$W_{уд} = \frac{N}{Q}$$

де Q - продуктивність подрібнювача стеблових кормів, т / год;

N - потужність, необхідна на привід подрібнювача, кВт.

Для визначення продуктивності подрібнювача необхідно визначити площу матеріалу, що зрізається одним ножом на поперечну площину [88,112,113,114].

Для визначення проекції площі зрізаного матеріалу на поперечну площину з центру O , опишемо кола радіуса R , м

Введемо декартову систему координат. Центри рулону і подрібнюючого робочого органу перебувають з центром в точці O (рисунок 2.3).

Припустимо, що радіус подрібнювача робочого органу і радіус рулону збігаються, і позначимо їх r . Так як по периметру подрібнюючого робочого органу розташовані зубчасті сегменти, виліт яких дорівнює Ar . Тоді можна записати:

Так як рулон набуває незначне обертання щодо робочого органу, то кут

повороту сегмента на подрібнюючому робочому органі буде дорівнює

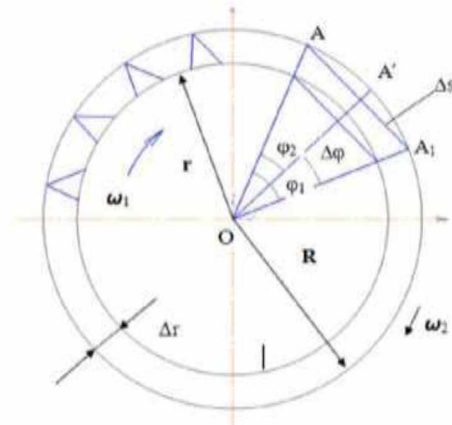


Рисунок 2.3 - Схема до визначення параметрів різальної частини

При повороті подрібнюючого робочого органу на кут φ рулону на кут φ 2 утворюється кут повороту сегмента щодо рулону. На рис 2.3 приймаємо переміщення сегмента щодо рулону на дугу Aa_1 ; яке позначимо як ЛБ.

Отримуємо, що переміщення ножа щодо рулону можна визначити як

$$\Delta s^2 = R^2 + R^2 - 2 \cdot R \cdot R \cdot \cos \Delta \varphi, \quad (2.4)$$

Тоді косинус кута ЛФ визначимо з виразу:

$$\cos \Delta \varphi = \frac{\Delta s^2 - R^2 - R^2}{2R^2} = \frac{\Delta s^2}{2R^2} - 1, \quad (2.5)$$

Таким чином, з формули (2.5) кут ЛФ дорівнює:

Площа зрізаного матеріалу залежить від кута повороту ЛФ і представлена рис. 2.4 в заштрихованном вигляді.

$$\Delta \varphi = \arccos\left(\frac{\Delta s^2}{2R^2} - 1\right) \quad (2.6)$$

З метою подальшого аналізу та можливості більш спрощеного обчислення висловимо виділене секторами наближено, користуючись теоремою Лагранжа про повну загальну середню для певних інтегралів, яка має вигляд [2]: Час T освіти площі зрізаного матеріалу, тобто час впливу ножа на

$$J = \int_a^b F(x) \cdot dx \cong F \cdot \left(\frac{a+b}{2} \right) (b-a)$$

рулон визначається по співвідношенню:

Після закінчення деякого часу t з моменту утворення площі зрізаного матеріалу щодо центру в точці O ніж повернеться на кут $\phi_1 = \omega_1 t$ і тоді точка A займе положення A_1 (рисунок 2.3). За цей час рулон повернеться на кут $\phi_2 =$

$$T = \frac{\Delta\phi}{\omega_2} \quad (2.7)$$

де ϕ - кутова швидкість рулону; ω^2 - кутова швидкість подрібнюючого робочого органу; ω^1 - кут повороту сегмента; ω^2 - кут повороту рулону.

Розглянемо умови, при яких площа зрізаного матеріалу буде слідувати одна за одною, так що кінець попередньої площі зрізаного матеріалу буде початком наступної.

Це буде мати місце тоді, коли площа зрізаного матеріалу утворюється за $1 / n$ обороту подрібнюючого робочого органу (n - число сегментів на подрібнюючому робочому органі), тобто коли Подрібнюючий робочий орган повернеться на кут ω_1 ; за час T_1 , де T_1 -період обертання подрібнюючого робочого органу. Тоді матимемо умови мінімальної кутової швидкості подрібнюючого робочого органу, при якій відсутня перетин площі зрізаного матеріалу:

З урахуванням того, що період обертання подрібнюючого робочого органу можна визначити з співвідношення:

$$\frac{\omega_{1\min} T_1}{z} = \varphi_1 \quad (2.9)$$

Формула мінімальної кутової швидкості подрібнюючого робочого органу запишеться у вигляді:

$$\omega_{1min} = \omega_1 \frac{\Delta\varphi}{2\pi} n \quad (2.11)$$

З урахуванням формули (2.5) отримуємо, що між площами зрізаного матеріалу є місця, не оброблені сегментом. Загальна площа зрізаного матеріалу визначається як:

$$\omega_{1min} = \omega_1 \frac{\arccos(\Delta s^2 / 2R^2 - 1)}{2\pi} \quad (2.12)$$

Після закінчення часу T_2 , що визначається умовою $\omega_1 T_2 = 2\pi$, рулон повернеться на кут 2π , а висота рулону зменшиться на величину зрізаного шару

$$S_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} n \quad (2.13)$$

h.

Встановимо залежність між кутовою швидкістю подрібнюючого робочого органу і швидкістю рулону. Припускаючи, що точка дотику рулону з подрібнюючим робочим органом має швидкість рівну:

$$v_{рулона} = \omega_2 \cdot r \quad (2.14)$$

В цьому випадку відсутній прослизання щодо рулону. Насправді є опір обертанню рулону щодо його осі у вигляді сил при різанні.

$$v_{рулона} = \omega_1 \cdot r = (1 - \varepsilon) \cdot v_{измел.раб.органа} \quad (2.15)$$

Тоді швидкість рулону ε - коефіцієнт проковзування рулону щодо

$$\omega_2 = \frac{1-\varepsilon}{r} v_{измел.раб.органа} \quad (2.16)$$

подрібнюючого робочого органу.

$$C \cdot v \geq \omega_{1min} = \omega_2 \frac{\arccos(\Delta s^2 / 2R^2 - 1)}{2\pi} \quad (2.17)$$

де $v = \omega_1 r$ - лінійна швидкість подрібнюючого робочого органу

$Z =$ - коефіцієнт, що характеризує опір обертанню рулону (коефіцієнт проковзування рулону щодо приймального бункера подрібнювача).

$$S(G) = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} (a^{\varphi})^2 d\varphi = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} a^{2\varphi} d\varphi = \frac{1}{4 \ln a} \cdot (a^{2\varphi}) \Big|_0^{2\pi} =$$

$$= \frac{1}{4 \ln a} \cdot (a^{4\pi} - 1)$$

$$S(G) = \frac{1}{4} S_1$$

Залежність між кутовою швидкістю подрібнюючого робочого органу і швидкістю рулону визначимо з формул (2.18) і (2.12)

Будемо вважати, що за повний оборот з рулону зрізається одним ножом шар у вигляді витка логарифмічної спіралі.

Площа зрізаного матеріалу за один оборот ножа знаходиться як площа одного витка логарифмічної спіралі, яка визначається формулою:

Кінці кожного з n -сегментів, встановлених на одному диску, описують однакові траєкторії ($n = 1, 2, 3 \dots$). Перший ніж описує траєкторію $A_1 B_1 C_1$ в тілі рулону. Другий ніж описує траєкторію $A_2 B_2 C_2$ (рис. 2.4). Наступний - траєкторію $A_n B_n C_n$ і т.д. Звідси випливає, що кожен з ножів розрізає стебла в межах площі $A_n B_n C_n$ ($n = 2, 3, 4 \dots$).

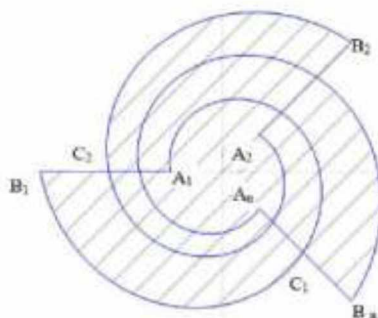


Рисунок 2.4 Схема до визначення траєкторії сегмента в відносному русі

Можна вважати, що площа, що піддається дії різання за один робочий хід ножа, дорівнює площі частини окружності $A_{n-1}A_n$ з радіусом R в межах центрального кута ЛФ (рисунок 2.4). Кут ЛФ - кут, що описується дугою $A_{n-1}A_n$ радіуса R . Величина кута ЛФ дорівнює:

$$\Delta\varphi = \omega_2 \frac{T_1}{n}, \quad (2.18)$$

За перший оборот рулону, тобто за час T_2 ножі розріжуть стебла по всій площі кола

$$S_1 = \pi \cdot R^2 \cdot \frac{\Delta\varphi}{360}, \quad (2.20)$$

де $R = r + A_r$ см. формулу (2.1)

Площа матеріалу зрізаного за один оборот при n - кількість ножів на подрібнюючому робочому органі визначається:

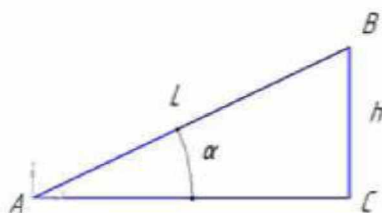
$$S_1 = \pi \cdot R^2 \cdot \frac{\Delta\varphi}{360} n, \quad (2.21)$$

$$\Delta\varphi = \arccos\left(\frac{\Delta s^2}{2R^2} - 1\right)$$

При цьому в результаті дії ножів, вібрації машини, сил тертя рулону в місцях його зіткнення з іншими частинами машини і інших причин, з рулону за перший його оборот знімається матеріал, обмежений обсягом тіла полого циліндра, висотою рівною h , радіус циліндра R .

Визначимо обсяг зрізаного шару матеріалу за один оборот подрібнюючого робочого органу. Уявімо рулон у вигляді циліндра. За кожен оборот подрібнюючого робочого органу знімається шар матеріалу висотою h (рисунок 2.6). Висота h визначається виходячи з трикутника, $AABC$ в якому:

L - довжина активної частини леза зубчастого подрібнюючого елемента, м; α - кут нахилу зубчастого подрібнюючого елемента до поверхні подрібнюючого робочого органу.



Отже, за перший оборот з рулону видаляється обсяг матеріалу рівний по величині:

$$V_1 = S_1 h$$

$$V_1 = \frac{1}{4} \pi R^2 \frac{\Delta \varphi}{360} n L \sin \alpha, \quad (2.23)$$

Звідси, маса матеріалу видаляється за перший оборот з рулону, визначиться

$$M_1 = V_1 \rho = \frac{1}{4} \pi R^2 \frac{\Delta \varphi}{360} n L \sin \alpha \cdot \rho, \quad (2.24)$$

де $\Gamma 2$ (1)-час 1го обороту рулону, ω (1) кутова швидкість.

$$Q = \frac{1}{8} \cdot R^2 \cdot n \cdot L \sin \alpha \cdot \rho \omega_2 (1 - \varepsilon), \quad (2.28)$$

Тоді продуктивність за час першого обороту рулону дорівнює

2.3 Визначення енергоємності подрібнювача стеблових кормів

Потужність подрібнювача кормів при подрібненні визначається виразом

$$N = N_{xx} + N_{изм}, \quad (2.30)$$

де N_{xx} - потужність холостого ходу, необхідна на подолання сил тертя і інших сил опору, що виникають при роботі машини, кВт;

Иізм - потужність, необхідна на подрібнення матеріалу Потужність холостого ходу визначається за відомою формулою:

$$N_{\text{хх}} = 0,1 \cdot N_{\text{изм}}, \quad (2.31)$$

При певній продуктивності машини питома енергоємність процесу визначається за формулою:

$$W_{\text{уд}} = \frac{N}{Q}, \quad (2.32)$$

де Q - годинна продуктивність подрібнювача стеблових кормів, т / год.

Потужність, що витрачається на подрібнення, складається з потужності, що витрачається на подрібнення криволінійними горизонтальними зубчастими измельчающими елементами потужності, що витрачається на подрібнення зубчастими сегментами, розташованими по периметру подрібнюючого робочого органу.

Для визначення потужності розглянемо схему сил, діючих на матеріал з боку леза ножа (рисунок 2.7). Довільне положення дотичної до криволінійного лезу визначається поточними значеннями кута τ ковзання і радіус-вектора r . Якщо рівнодіюча R сил опору різанню прикладена в точці K і відхилена від нормалі на кут ϕ , то для подолання цього опору з боку ножа повинна бути додана сила $P_{\text{рез}}$, рівна і протилежно спрямована рівнодіюча R [50,51,52,97].

Розкладемо силу $P_{\text{рез}}$ різання на нормальну складову N , перпендикулярну до леза, і тангенціальну T , спрямовану уздовж по лезу, і складемо рівняння моментів щодо осі обертання диска

$$M_{\text{рез}} = N \cdot r \cos \tau + T r \sin \tau, \quad (2.33)$$

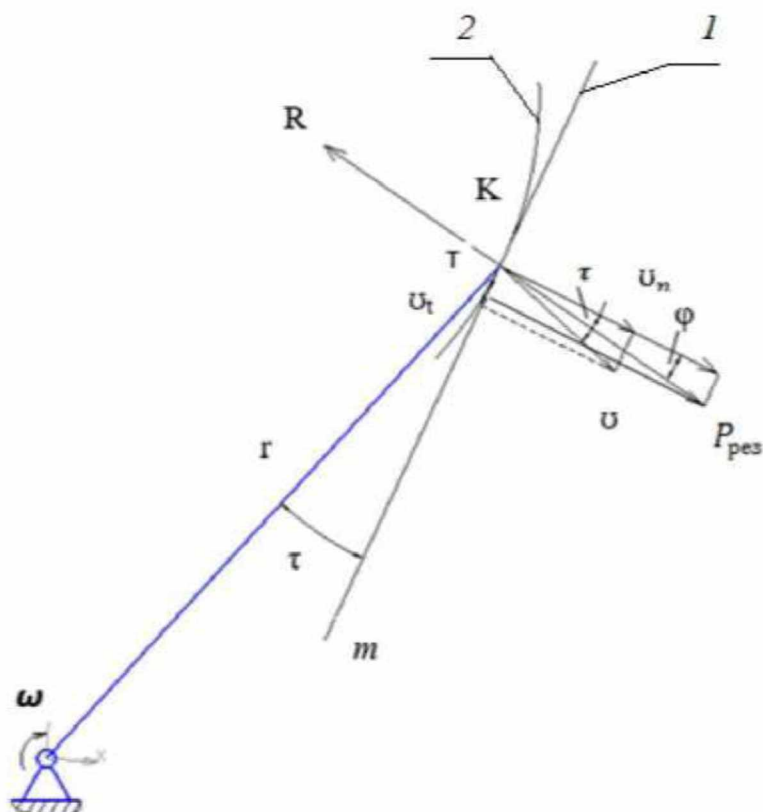


Рисунок 2.7 - Схема сил, що діють на матеріал в процесі різання: 1 - матеріал; 2 - криволінійний лезо ножа

З погляду на, що $T = \frac{1}{N}$ і $N = qL$, і зробивши відповідні перетворення, остаточне вираз для моменту різання можна записати в такому вигляді

$$M_{\text{рез}} = qLr \cdot \cos \tau (1 + f \tan \tau), \quad (2.34)$$

З формули видно, що момент різання залежить від багатьох змінних параметрів і за час проходження ножа змінюється по складному закону. Представлена схема руху частинки в момент проходження матеріалу через сегмент (рисунок 2.8). При цьому прийняті допущення: вісь x завжди проходить через центр ваги. Розглядаючи рух частинки при $y = \text{const}$; $z = \text{const}$ отримаємо сегмента.

2.4 Мета експериментальних досліджень

Метою експериментального дослідження є визначення факторів, що впливають на енерговитрати подрібнювача стеблових кормів. Обґрунтування раціональних конструктивних параметрів і режимів роботи подрібнювача стеблових кормів, при яких руйнування частинок переробляється корми буде можливо з найменшою витратою енергії.

У процесі експериментальних досліджень передбачалося вирішити наступні питання:

- дослідити фізико-механічні властивості стеблових кормів;
- виготовити експериментальний зразок подрібнювача стеблових кормів;
- перевірити основні положення теоретичних досліджень;
- визначити раціональні конструктивно-режимні параметри подрібнювача стеблових кормів і проаналізувати їх.

Програма експериментальних досліджень зображена на рисуюнок 2.10.

На першому етапі експериментальних досліджень вивчалися фізико-механічні властивості кормів, які впливають на якісні показники процесу подрібнення. На другому етапі дослідження було поставлено завдання, оцінити роботу обладнання. На заключному етапі досліджень, необхідно було вибрати найбільш працездатну конструктивно - технологічну схему подрібнювача стеблових кормів, заготовлених в пресованому вигляді. Оцінка його працездатності і визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів, що впливають на ефективність робочого процесу.

Так само, завданнями експериментальних досліджень було:

- перевірити розроблені в розділі 2 теоретичні викладки;
- уточнення розрахункових виразів за визначенням продуктивності.

Проведенню експериментальних досліджень передували збір і аналіз апріорної інформації, літературних і патентних джерел, теоретичний аналіз досліджуваних процесів, побудова плану експерименту, вирішення організаційних, методологічних і технічних питань.

Дана робота проводилася на основі: 1) ДСТУ ISO I 6497-2011 - Корми

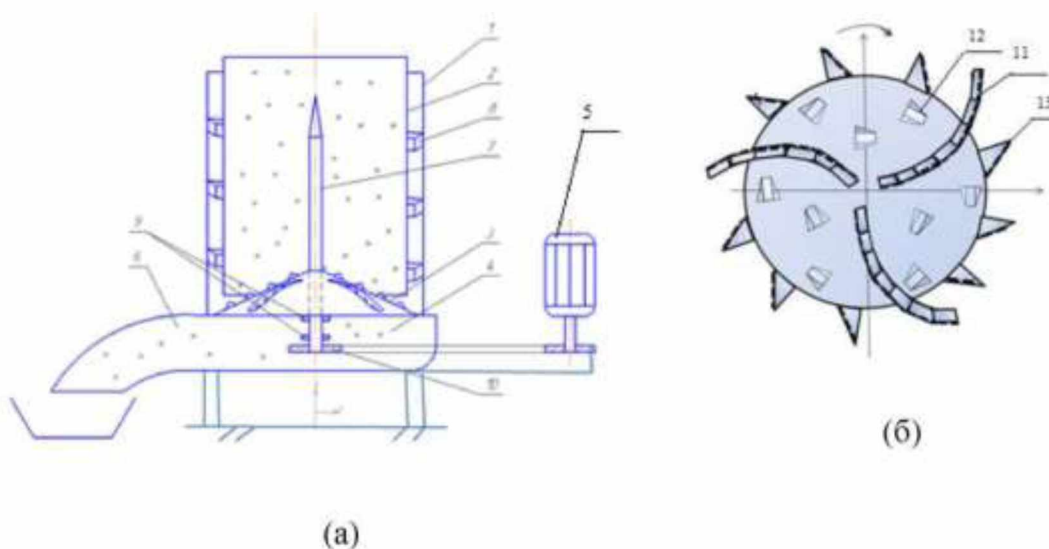
для тварин. Відбір проб; 2) 20915-2011 Випробування сільськогосподарської техніки. Методи визначення умов випробувань ГОСТ; 3) ГОСТ 54783-2011 Випробування сільськогосподарської техніки. Основні положення; 4) ГОСТ 12.2.042-2013 Машини та технологічне обладнання для тваринництва і кормовиробництва [1,22,52,69,70,83]. Проведення експериментальних досліджень вимагало вирішення окремих технічних завдань, пов'язаних з виготовленням експериментального зразка подрібнювача, а також вирішення організаційних задач, пов'язаних з проведенням експериментальних досліджень [1,22,52,69,70,83]. Експериментальні дослідження проводилися відповідно до розробленої комплексної методикою, що включає ряд відомих методик по визначенню фізікомеханічних властивостей кормів, якісних і енергетичних показників процесів і т.д. [1,22,52,69,70,83].

2.5 Опис експериментальної установки

Експериментальна установка подрібнювача стеблових кормів, заготовлених в пресованому вигляді, була зроблена для того, щоб провести експериментальні дослідження. Загальний вигляд подрібнювача представлений на рисунку 2.11. Технічна характеристика подрібнювача представлена в таблиці 2.12. Подрібнювач стеблових кормів (рис.2.3), складається з бункера вертикального, циліндричного 1, розміщеного на рамі з електроприводом 5 і шківів 10, по внутрішньому периметру якого розташована шнекова навівка 8, в донній частині бункера розташований Подрібнюючий робочий орган конусного типу 3 по периметру якого розташовані подрібнюючі зубчасті сегменти 13, а по осях якого закріплені подрібнюючі двохплощинні дугового профілю сегменти 12, а в міжосьовій просторі робочої поверхні диска радіально виконані горизонтальні зубчасті подрібнюючі елементи 11 (рис.2.4), в поперечному перерізі яких розташовані ромбообразні отвори, циліндричний бункер в осьовому вертикальному напрямку оснащений голкою 7, закріпленою за допомогою підшипників 9 під корпусом подрібнюючого робочого органу 3; при цьому на голці зафіксовані Подрібнюючий робочий орган конусного типу

3, від приводу шківів 10, а також забезпечений вивантажним воздуховодом 4, 6 [12,65,35,66,67,68,100,101,108,109,110,111].

Робота машини здійснюється наступним чином. Моноліт у вигляді рулонного тюка 2 подають в вертикальний циліндричний бункер 1, розміщений на рамі з електроприводом 5 і шківів 10, з шнекової навивкої 8, наколюють на голку 7. За рахунок взаємодії і рулонного тюка з навивкою 8 і сил гравітації, примусово тюк подається на Подрібнюючий робочий орган конусного типу 3. При взаємодії матеріалу з зубчастими измельчаючими елементами 11, измельчаючими зубчастими сегментами, розташованими по периметру 13 і измельчаючими двоплощинних дугового профілю сегментами 12 відбувається подрібнення як уздовж так і впоперек волокон. Подрібнений матеріал надходить в ромбообразний отвори, звідки подається в вивантажний повітропровід 4, 6, за допомогою якого завантажується в годівниці тварин [12,35,65,66,67,68,100,101,108,109,110,111].



(А) - схема загального вигляду; (Б) - схема подрібнюючого робочого органу
Рисунок 2.2 - Подрібнювач стеблових кормів, заготовлених в пресованому вигляді

Пропонована конструкція в порівнянні з іншими технічними рішеннями має такі переваги: рівномірний вплив на матеріал в поздовжньо-поперечних напрямках (Багатоплощинний різання); зниження енергоємності машини за рахунок різання з ковзанням і транспортування кормів в годівниці або підстилки в стійла повітряним потоком; поліпшення якості подрібнення; підвищення експлуатаційної надійності і терміну служби [12,65,66,67,68,100,101,108,109,110,111].



Рисунок 2.3-Загальний вид подрібнювача стеблових кормів, заготовлених в пресованому вигляді



Рисунок 2.4 - Подрібнюючий робочий орган

Привід подрібнюючого робочого органу конусного типу 3 (рисунок 2.6), здійснюється від двигуна 4A100L2Y3. Технічна характеристика двигуна 4A100L2Y3 представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні дані двигуна

Типорозмір двигуна	кВт	хв ⁻¹	А	Чи, %	cosφі
4A100L2Y3	5,5	3000	10,4	87,5	0,91

З метою вимірювання числа обертів подрібнюючого робочого органу, регулювання продуктивності і зміни гранулометричного складу стеблових кормів заготовлених в пресованому вигляді, в електричний ланцюг приводу включений перетворювач частоти струму ELDI - 5.5 в комплекті з струмовими кліщами Атакон АТК - 2200 , (рисунок 2.7) які використовувалися для зняття енергетичних характеристик. За рахунок зміни частоти змінного струму проводилася регулювання швидкості двигуна і кутова швидкість подрібнюючого робочого органу. Перетворювач частоти захищає обладнання



Рисунок 2.7 - Перетворювач частоти струму ELDI - 5.5 в комплекті з струмовими кліщами «Атакон АТК - 2200»

від стрибків напруги. Забезпечує плавний пуск і гальмування подрібнюючого робочого органу лабораторного обладнання, підвищує її продуктивність.



Рисунок 2.8 -Кут атаки горизонтальних зубчастих подрібнюючих елементів

При подрібненні стеблових кормів з метою отримання потрібного гранулометричного складу змінювали кут атаки горизонтальних зубчастих

подрібнюючих елементів в межах від 30° до 40° (рисунок 2.8) за допомогою транспортира.

Як інструмент використовувалася лінійка, якою вимірювалася довжина фракції матеріалу, яка зазнала подрібнення. маса

На Решетньов класифікаторі проводився відбір проб подрібненого матеріалу від 2 до 20 мм, а в ручну понад 20 мм з наступним зважуванням кожної фракції на вагах (рисунок 2.10 а, б).

Разова видача подрібненого корму протягом певного часу в секундах збиралася в спеціально виготовлений лоток (рисунок 3.11), а потім зважувалася на вагах (рис. 2.9).

Таблиця 2.2 - Технічна характеристика пропонованого подрібнювача

показники	значення
Продуктивність, т / год	1,5-2
Розмір подрібнених частинок, мм	20-60
Споживана потужність, кВт	5,0
Кутова швидкість обертання робочого органу швидкість,	4,8
маса, кг	1420
Габаритні розміри, мм	

2.6 Методика експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводилися на підставі робіт В. Р. Альошкіна [2], Ф.С. Завалішина [22], С. В. Мельникова [50,51,52], Є.І. Резник [80], П.М. Рощина [85] та інших авторів. При проведенні багатофакторного експерименту обраний класичний варіант. Критеріями оцінки роботи подрібнюючого робочого органу експериментального зразка: - працездатність; - якісні показники подрібненого матеріалу і енергоємність процесу подрібнення. Вони визначалися за відомими методиками [52,53,54,58,76].

Дослідження процесів подрібнення і розподілу кормів в бункері експериментальної установки проводилося на стеблових кормах (сіно лугове, солома пшенична), заготовлених в пресованому вигляді (рисунок 3.12 а, б).



а)



б)

Рисунок 2.12 До методики визначення фізико-механічних властивостей кормів: а - сіно в тюках; б - солома в тюках

Середньозважена довжина частинок, подрібненого стеблового корму визначалася за формулою:

$$l_{\text{ср}} = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{l_k + l_n}{2} m_i,$$

де, l_k , і l_n - розмірні кордону фракцій, мм; N - кількість фракцій; m - маса всієї навішування; m_i - маса навішення i -ой фракції, м

Об'ємна маса (насипна щільність) кормів визначалася шляхом

$$W_k = \frac{b-a}{b} \cdot 100\%$$

де W_k - вологість відповідного корму, %; b - маса вихідної навішування корми; a - маса висушеної навішування.

зважування порції корму в мірній ємності, обсяг якої становив 0,5 м і визначалася як частка від ділення маси корму на його обсяг.

- фізико-механічні фактори (зв'язність, довжина і орієнтація стебел між собою в матеріалі, вологість, опір стебел резанню і розриву, коефіцієнт тертя стебла про металеві частини експериментального зразка, нерівномірність щільності пресованого корму);

- конструктивно-технологічні чинники.

До цієї групи факторів відносяться: кутова швидкість подрібнюючого робочого органу, кількість сегментів, розміщених на подрібнюючому робочому органі, діаметр подрібнюючого робочого органу, швидкість подачі кормового матеріалу до подрібнюючого робочого органу дискового типу подрібнювача, довжина ріжучої кромки подрібнюючого сегмента, кут атаки подрібнюючих елементів.

Істотний вплив на процес подрібнення стеблових кормів мають конструктивно-технологічні чинники.

2.7 Методика відбору кормового матеріалу для досліджень подрібнювача і критерії оцінки роботи машин

Випробування експериментального зразка проводилися на подрібненні сіна (люцерна) хорошої якості і пшеничної соломи, заготовленого в пресованому вигляді.

Сіно, яке використовується в ході випробування машини, отримане шляхом машинного скошування, що зберігся в спресованому вигляді. Якість кормового сіна визначалося відсутністю домішок бур'янів (не більше 8%), за кольором темно зелене з жовтизною, зібране у відповідність з агротехнологічним термінами. На стеблах люцерни спостерігалися залишки листової частини, а також сіно мало запашні запахом.

Вологість проби сіна для проведення випробувань відповідало від 10 до 28% включно.

Середня проба (масою 1 кг) для випробувань експериментального зразка вибиралася так, що вона точно і об'єктивно характеризувала всю партію матеріалу. Для цього, від кожних 10-15 тюків сіна з бурту відбирався один. З вибраних тюків, вибиралися відповідно до зоотехнічними вимогами. З останніх відбиралися тюки для випробування експериментального зразка.

Критеріями оцінки роботи подрібнювача і подрібнюючого робочого органу з ріжучими сегментами була їх працездатність, якісні показники, продуктивність і енергоємність процесу подрібнення, які визначалися за

відомими методиками [89]. Енергетичні показники подрібнюючого робочого органу дискового типу знімали за допомогою струмових кліщів марки Актаком АТК - 2200 .

Кількість і тривалість дослідів вибирали відповідно до необхідним обсягом інформації, що задовольняє заданому значенню надійності $E = 0,95$ і помилки дослідження 5% [89].

Повторність дослідів прийнята триразовою. Досвідчені дані по статистичному аналізу і раціональному плануванню оброблялися відповідно до положень математичної статистики і теорії ймовірності, викладеними в роботах Митропольського А. К., Шашкова Б.В. [116], а також інших авторів.

2.8 Методика проведення багатofакторного експерименту

Аналіз літературних джерел теоретичних і експериментальних досліджень показав, що на процес подрібнення впливає велика кількість чинників. Математична модель необхідна для оптимізації процесу подрібнення, так як теоретичним шляхом це зробити неможливо. У зв'язку з труднощами обліку в часі всіх властивостей матеріалу, що подрібнюється.

Методу екстремального експерименту дозволяє: уявити матеріали досліджень у вигляді математичної моделі, їм статистичну оцінку, скоротивши число дослідів в порівнянні з однофакторний експериментом. А також дізнатися оптимальні умови проходження процесу подрібнення.

Попереднє вивчення властивостей матеріалу, що подрібнюється дозволило вибрати критерії оптимізації, проаналізувавши апріорну інформацію.

Апріорне ранжування, з урахуванням проведених раніше досліджень, дозволило виділити найбільш значущі фактори (таблиця 2.32). В якості досліджуваного матеріалу взято сіно лугове (люцерна) в тюках. При цьому вологість матеріалу становила не більше 15%.

Для виділення істотних факторів проводився відсіває однофакторний експеримент, який дозволяє виділити істотно впливають фактори на оптимізацію процесу подрібнення.

Таблиця 2.32 - Фактори, що впливають на показник неоднорідності
видачі стеблових кормів, їх умовні позначення і намічені рівні варіювання

фактори	позначення фактор А	розмірність	рівень варіювання		
			-1	0	+1
Вологість сіна, W	X ₁	%	13	16	19
Кількість ромбоподібних пазів на подрібнюючому робочому органі, N	X ₂	шт.	2	3	4
Кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу, Z	X ₃	шт.	3	6	9
Кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів, n	X ₄	шт.	3	6	9
Кут між подрібнюючим робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими наметаченими	X ₅	град.	30	35	40
Кутова швидкість обертання подрібнюючого робочого органу, ю	x ₆	з 1	1,6	3,2	4,8
Виліт сегментів подрібнюючого робочого диска, A _г	X ₇	м	0,01	0,03	0,05
Діаметр робочого диска	X ₈	м	45	55	65
Кількість заходів шнекової навивки приймального	X ₉	шт.	2	3	4
Кут підйому шнекової навивки приймального	x ₁₀	град.	30	35	40

Число повторності експериментів кратно трьом ($N = 3k$) і з їх допомогою можна досліджувати вплив $(3x-1)$ чинників (до - кратність матриці). Число експериментів вибирали з умови $N > 1$, де 1 - кількість оцінюваних чинників. При цьому передбачалося, що домінуюче значення мають лінійні чинники.

Завдяки ортогональності цих планів їх результати легко піддаються обробці, а лінійні ефекти розраховуються незалежно один від одного [89]. Результати однофакторних експериментів дозволили вибрати рівні та інтервали варіювання факторів при проведенні планування експерименту (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 - Фактори і рівні їх варіювання

позначення	фактори			
	кутова швидкість обертання подрібнюючого робочого органу, с-1.	кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу, Z	кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів, n	Кут між подрібнюючим робочим органом конусного типу і горизонтальним і зубчастими измельчаючими елементами, а, град.
	X ₁	X ₂	x ₃	X ₄
Верхній рівень (+)	1,6	9	9	40
Основний рівень (0)	3,2	6	6	35
Нижчий рівень (-)	4,8	3	3	30

Фактори, які були обрані, відповідають вимогам керованості, так як можуть бути фіксованими протягом досвіду, сумісності, тобто виконуються умови при яких існує їх взаємний вплив, фактори впливають на параметр оптимізації; точність встановлення граничних значень максимально висока. Було введено умовне позначення верхнього, нижнього і основного рівнів фактора відповідно: +, - і 0. Потім будували план матриці планування експерименту у вигляді таблиці, в рядках якої записувалися дані дослідів, а в стовпчиках чинники з реалізацією всіх можливих поєднань (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 - План експерименту

№	X1	X2	x3	X4
1	+	-	-	-
2	-	+	-	-
3	-	-	+	-
4	+	+	+	-
5	+	-	-	+
6	-	+	-	+
7	-	-	+	+
8	+	+	+	+
9	0	0	0	0
10	0	+	-	+
11	-	0	-	-
12	+	0	+	+
13	-	+	-	0
14	-	0	+	+
15	0	+	+	-
16	+	-	+	0
17	+	-	0	+
18	0	-	+	-

2.9 Результати оптимізації процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді

В експериментальних дослідженнях процесу подрібнення кормів були перевірені теоретичні дослідження. А також були уточнені або визначено вихідні дані, необхідні для вибору раціональних: конструктивних і технологічних параметрів подрібнювача стеблових кормів, заготовлених в пресованому вигляді. Аналітичні залежності, отримані в результаті теоретичних досліджень, встановлюють функціональний зв'язок між конструктивними і технологічними показниками, що впливають на процес подрібнення кормів [105]. Дані залежності дозволяють виявити якісні і кількісні сторони впливу зазначених факторів з можливими припущеннями. Висновки

теоретичних досліджень про значимість впливу деяких факторів на процес подрібнення кормів вимагає експериментальної перевірки. Для характеристики процесу подрібнення кормів необхідно було знайти раціональні конструктивно-режимні параметри подрібнювача, отримати математичні моделі процесу, оцінити вплив факторів на досліджуваний процес. З раніше проведених експериментальних досліджень відомо, що на щільність корму, що знаходиться в шарі рулонного тюка, в значній частині впливають орієнтація стебел в шарі, довжина стебел, вологість, а також ступінь ущільнення корму при формуванні рулонного тюка. Експериментальні дослідження проводилися на лабораторному зразку, схема якого наведена в розділі 2. В якості критеріїв оптимізації були обрані: енергоємність (Y_1); час подрібнення матеріалу (Y_2); середньозважена довжина частинок (Y_3) за методами (див. гл. 3) [109]. Аналіз апріорної інформації і пошукових досліджень показав, що найбільш значущими виявилися наступні фактори [89]: кутова швидкість обертання подрібнюючого робочого органу (ω), кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу (Z), кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів (n) і кут між подрібнюючим робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими измельчающими елементами (α). В результаті експерименту по матриці Плакета-Бермана і критеріїв оптимізації була використана програма розрахунку на ЕОМ (додаток) проведена обробка даних.

Після отримання адекватних математичних моделей процесу, визначалися координати оптимуму і вивчалися поверхні відгуку.

У процесі експериментальних досліджень вирішувалася компромісна завдання, з метою вирішення компромісу між трьома критеріями оптимізації:

- енергоємності;
- час подрібнення матеріалу;
- середньозважена довжина частинок.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати пошукових досліджень оптимальних показників процесу подрібнення кормів, їх аналіз

У процесі експериментальних досліджень необхідно було встановити вплив конструктивно-режимних параметрів подрібнювача на якісні та енергетичні показники процесу подрібнення.

В результаті пошукових досліджень було вибрано оптимальну кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу $Z = 6-9$; кількість подрібнюючих двохплощинних дугового профілю сегментів $n = 7-9$; кут між подрібнюючим робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими измельчающими елементами $\alpha = 300$ до 350 . Тому подальші експериментальні дослідження по оптимізації конструктивно-режимних параметрів подрібнювача грубих кормів.

Аналізуючи графік експериментальних залежностей середньозваженої довжини частинок подрібненого корму (рисунок 3.1) від кутової швидкості обертання подрібнюючого робочого органу можна побачити, що при низькій кутової швидкості $1,6 \text{ c}^{-1}$ подрібнюючого робочого органу розмір часток становить від 80 мм і вище, що обумовлено силами опору тертя, інерційністю робочого органу.

У міру збільшення кутової швидкості, механічна енергія передається стеблах неизмельченного корма. Під дією відцентрових сил, корм потрапляє на подрібнюючі двохплощинні дугового профілю сегменти і зубчасті сегменти, розташовані по периметру подрібнюючого робочого органу, на різучих крайках яких відбувається подрібнення як уздовж так і впоперек волокон. При кутовій швидкості обертання $3,14 \text{ c}^{-1}$ і вище, середньозважена довжина частинок становить 45 мм , що відповідає зоотехнічним вимогам.

Згідно вимог при подрібненні соломи і сіна розмір часток повинен бути для великої рогатої худоби в межах $20 - 50 \text{ мм}$.

Аналіз залежності продуктивності Q показав, що при кутовій швидкості обертання подрібнюючого робочого органу від $2,1$ до $5,2 \text{ c}^{-1}$, продуктивність

машини збільшуватись від 1,1 до 6 т / год і вище. За рахунок механічної енергії, а також створюваного додатково повітряного потоку, ефекту всмоктування і центробежних сил подрібнення корму відбувається швидше, ніж на низькій частоті обертання подрібнюючого робочого органу.

Графік експериментальної залежності питомої енергоємності $W_{уд}$ на малюнку 3.1 показує, що максимальні витрати питомої енергоємності $W = 0,0079$ кВт-год / кг (7,9 кВт-год / т) знаходяться при кутовій швидкості обертання подрібнюючого робочого органу рівній $\omega = 3,14$ с⁻¹. У початковий момент часу, витрати енергії мінімальні і становлять $W_{уд4} = 0,005$ кВт-год / кг (5 кВт-год / т), тому спочатку показник питомої енергоємності низький, а потім наростає.

Аналізуючи графік експериментальних залежностей продуктивності Q , можна відзначити, що при кількості подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів, $n = 6$ значення $Q = 1,1$ т / год, при цьому аналіз залежності середньозваженої довжини частинок $\bar{L}_{ср}$ показав, що $\bar{L}_{ср} = 50$ також при $n = 6$, а залежність питомої енергоємності при $Z = 6$ показує мінімальне значення $W_{уд} = 0,002$ кВт год / кг (2 кВт-год / т), що узгоджується з попередніми графіками залежностей [100,101,108,109,110,111].

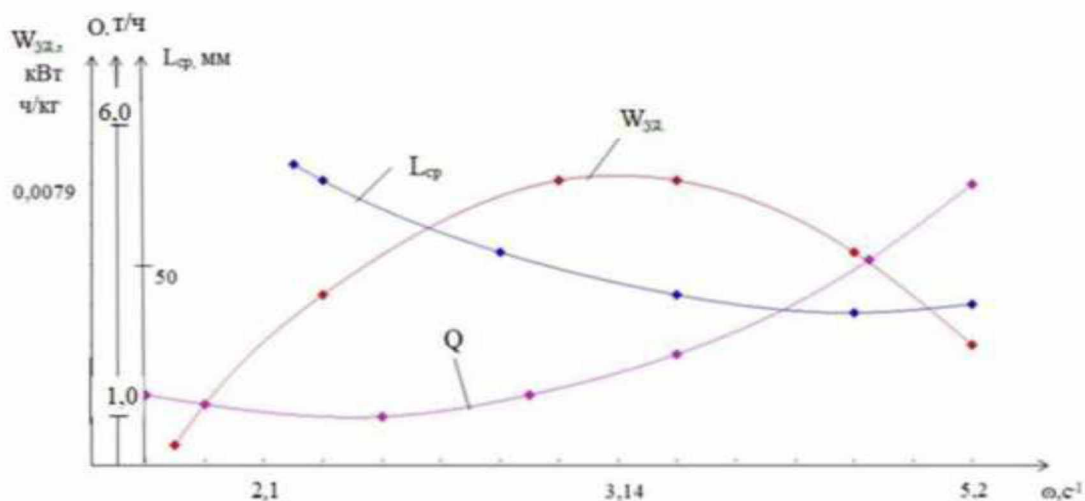


Рисунок 3.1 - Графік експериментальних залежностей середньозваженої довжини частинок, питомої енергоємності, продуктивності від кутової швидкості обертання подрібнюючого робочого органу

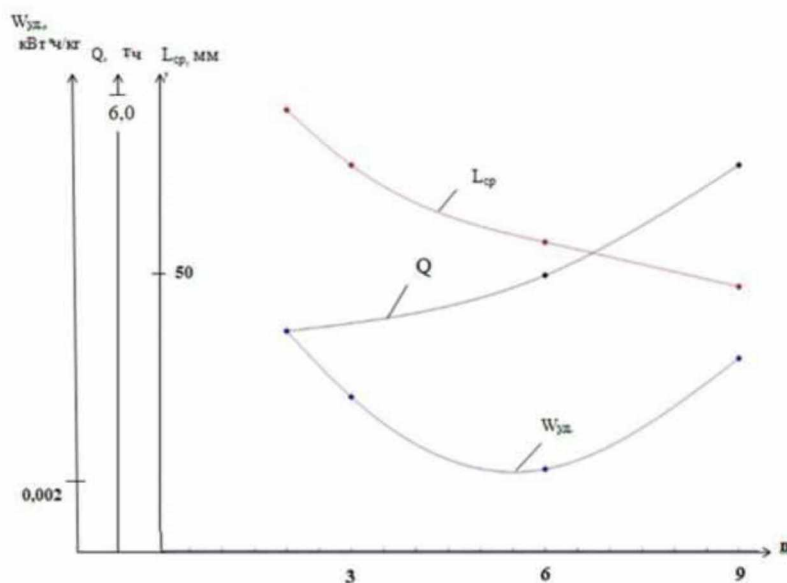


Рисунок 3.2 - Графік експериментальних залежностей середньозваженої довжини частинок, питомої енергоємності, продуктивності від кількості подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів, n

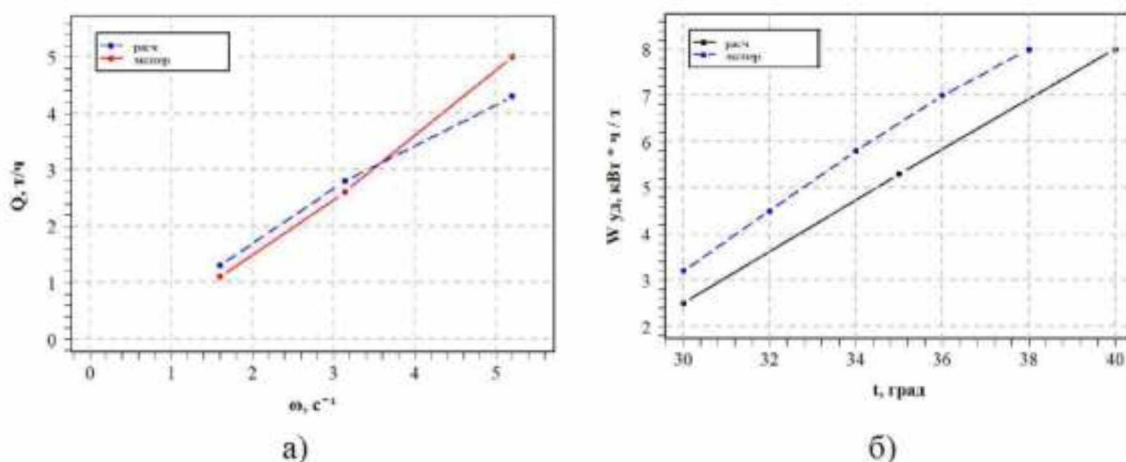


Рисунок 3.3 - Відповідність теоретичних і експериментальних значень:
а) продуктивності подрібнювача від зміни кутової швидкості подрібнюючого робочого органу; б) питомої енергоємності від кута нахилу ножів

Розбіжність результатів по продуктивності і питомої енергоємності подрібнювача (рисунок 3.1 а, б), отриманих експериментальним і теоретичним шляхом визначалася згідно критерію Фішера і не перевищує 7%.

При оптимальному поєднанні чинників на процес, були побудовані

поверхні відгуків Y_b Y_2 і Y_3 . Для цього вихідні рівняння регресії зводили до рівнянь з двома факторами, залишаючи решту на постійних рівнях.

Для спрощення аналізу даних поверхонь були побудовані перетину відгуків (рисунок 3.4), при постійних рівнях наступних факторів:

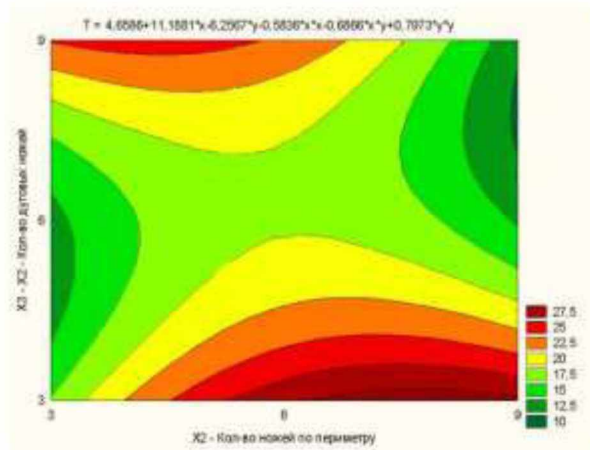


Рисунок 3.4 - Перетин поверхні часу подрібнення матеріалу масою 1 кг на площину

Аналіз перетину площині, представленої на рисунку 3.4, показує, що час подрібнення матеріалу масою 1 кг варіюється в межах від 10 до 28 секунд. При кількості зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу $Z = 9$, час подрібнення $T = 10$ секунд, що є оптимальним показником, тоді необхідною кількістю подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів $n = 8$.

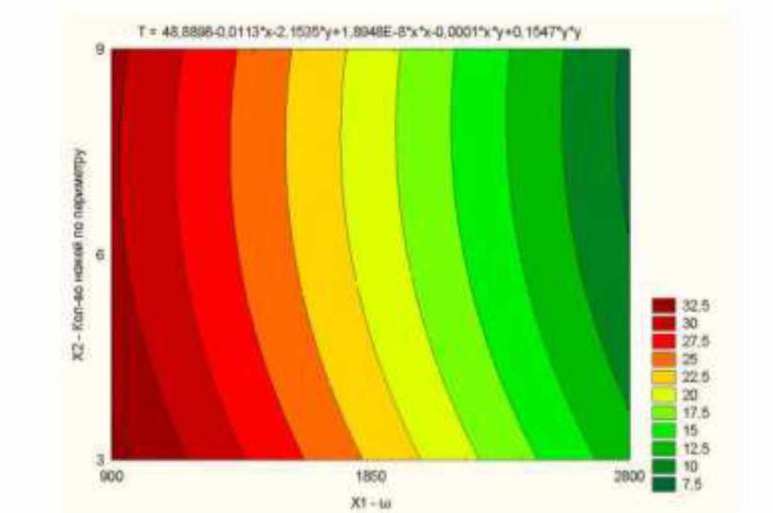


Рисунок 3.5 - Перетин поверхні часу подрібнення матеріалу масою 1 кг на площину

Аналіз перетину поверхні на рисунку 3.5 показує, що при оптимальному часу подрібнення $T = 10$ секунд, кутова швидкість обертання подрібнюючого робочого органу змінюється в межах $\omega =$ від 4,6 до 4,8 с^{-1} , при кількості зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу $Z = 9$, що підтверджується аналізом попередньої залежності.

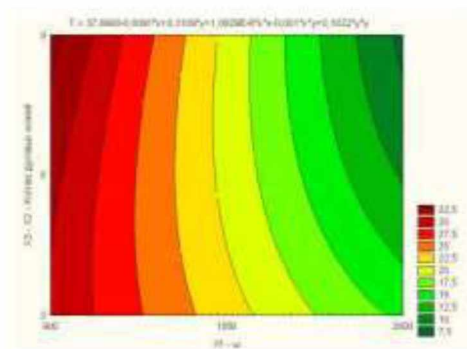


Рисунок 3.6 - Перетин поверхні часу подрібнення матеріалу масою 1 кг на площину

Аналізуючи перетин поверхні на малюнку 3.6 можна побачити, що при оптимальному часу подрібнення $T = 10$ секунд, оптимальною є кутова швидкість обертання подрібнюючого робочого органу в межах $\omega =$ від 4,6 до 4,8 с^{-1} , кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів 8 ..

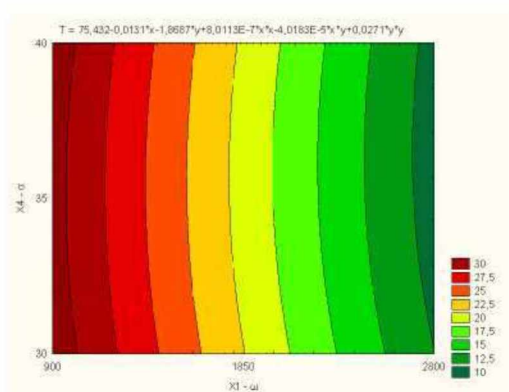


Рисунок 3.7 - Перетин поверхні часу подрібнення матеріалу масою 1 кг на площину

Аналіз перетину поверхні на малюнку 3.7 показує, що при оптимальному значенні часу подрібнення від $T = 10$ секунд, оптимальної кутовий швидкістю обертання подрібнюючого робочого органу, виходячи з вище представлених

досліджень, і цієї залежності є від $4,6 \text{ с}^{-1}$, при цьому кут між подрібнюючим робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими измельчаючими елементами, $\alpha = 360$.

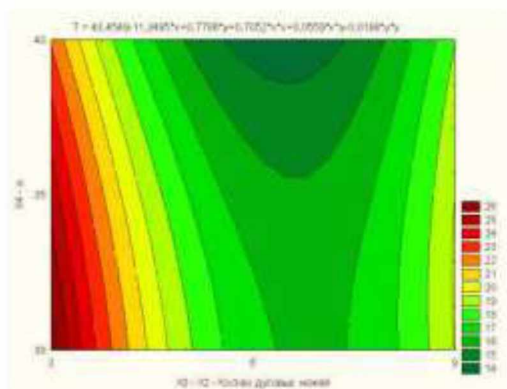


Рисунок 3.8 - Перетин поверхні часу подрібнення матеріалу масою 1 кг на площину

На рисунку 3.8 видно, що при куті між подрібнюючим робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими измельчаючими елементами, а постійно змінюваних від 370 до 390 оптимальною кількістю подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів $n = 7-9$, що ні суперечить даним, представленим на рисунку 3.9.

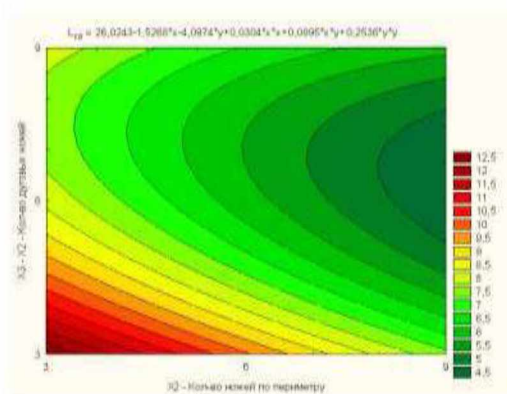


Рисунок 3.9 - Перетин поверхні середньозваженої довжини частинок подрібненого корму на площину

Аналіз перетину поверхні на рисунку 3.9 показує, що при середньозваженої довжині частинок подрібненого корму 50 мм, що відповідає

зоотехнічним вимогам, кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу $Z = 7 - 9$. Тоді необхідною кількістю подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів $n = 7 - 9$. При цьому ці значення підтверджуються аналізом залежностей, представлених на рисунку 3.11 і рисунку 3.10.

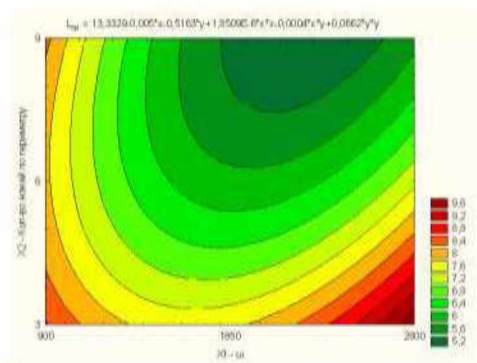


Рисунок 3.10 - Перетин поверхні середньозваженої довжини частинок подрібненого корму на площину

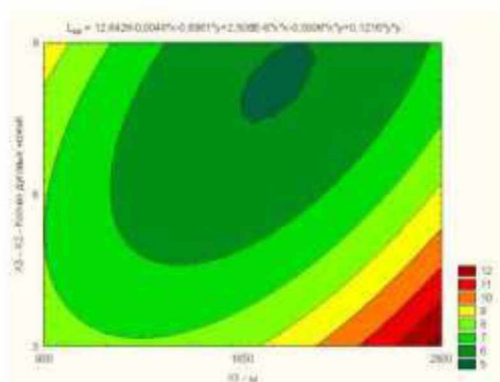


Рисунок 3.11 - Перетин поверхні середньозваженої довжини частинок подрібненого корму на площину

Аналіз перетину поверхні на рисунку 3.11 показує, що при середньозваженої довжині частинок рівній 52 мм, кутова швидкість обертання подрібнюючого робочого органу змінюється в межах від 3,2 до 4,6 с^{-1} , при кількості зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу $Z = 7 - 9$, що підтверджується аналізом попередньої залежності.

Виходячи, з аналізу перерахованих вище залежностей, визначені

раціональні значення параметрів подрібнювача, при яких середньозважена довжина частинок 50 мм, час подрібнення $T = 10$ секунд, а питома енергоємність дорівнює 2,75 кВт год / т, тоді кутова швидкість подрібнюючого робочого органу змінюється в межах $\omega =$ від 3,2 до 4,6 с^{-1} ; кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу $Z = 6 - 9$; кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів $n = 7 - 9$; кут між подрібнюючим робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими измельчающими елементами від 300 до 350.

З аналізу сімейства кривих графіка розсіювання результатів експериментів для критеріїв оптимізації: середньозважена довжина частинок (X), енергоємності (Y) можна зробити висновок про те, змінюється в межах від 50 мм до 100 мм, що відповідає N змінюється в межах від 0,5 кВт-год / т до 3,4 кВт-год / т (рисунок 3.13). З аналізу сімейства кривих графіка розсіювання для критеріїв оптимізації: час подрібнення матеріалу (X), середньозважена довжина частинок (Y) можна зробити висновок про те, змінюється в межах від 50 мм до 100 мм, що відповідає часу T, з від 10 до 30.

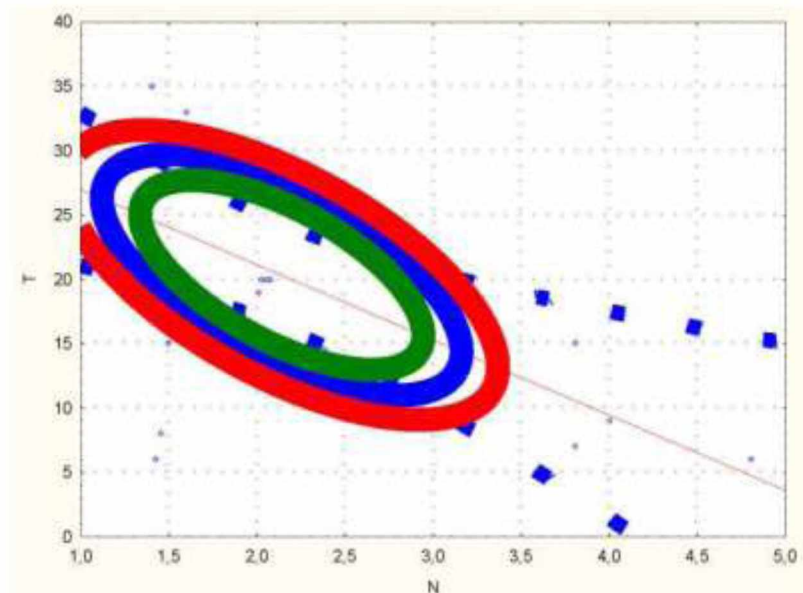


Рисунок 3.12- Графік розсіювання для критеріїв оптимізації: час подрібнення матеріалу (X), середньозважена довжина частинок (Y)

час

3.4 Висновки по третьому розділу

1. В результаті експериментальних досліджень встановлено, найбільш істотне впливу на процес подрібнення мають кутова швидкість обертання подрібнюючого робочого органу, кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу, кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів.

2. Знайдено оптимальні значення параметрів подрібнювача стеблових кормів при яких довжина різання відповідає зоотехнічним вимогам для ВРХ при 50 мм: кутова швидкість подрібнюючого робочого органу змінюється в межах ω = від 3,2 до 4,6 с^{-1} ; кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу $Z = 6 - 9$; кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів $n = 7 - 9$; кут між подрібнюючим робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими измельчаючими елементами α = від 300 до 350.

Згідно графіків, побудованих в результаті пошукових досліджень, максимальні витрати питомої енергоємності $W_{уд} = 0,0079$ кВт-год / кг (7,9 кВт-год / т) знаходяться при кутовий швидкості обертання подрібнюючого робочого органу рівній $\omega = 3,14 \text{ с}^{-1}$ і залежність питомої енергоємності при $Z = 6$ показує мінімальне значення $W_{уд} = 0,002$ кВт год / кг (2 кВт-год / т).

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩО ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Техніко-економічна ефективність результатів дослідження

Для оцінки економічної ефективності проектного подрібнювача стеблових кормів визначимо і порівняємо витрати на виконання операцій за існуючим ИРР-1М і пропонованого варіанту.

Продуктивність існуючих і пропонуванних агрегатів становить [97,118]:
Річна економія праці визначається за формулою [97,118]:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^k (H_{yi}^c - H_{yi}^n) \cdot W_{zi}^n, \quad (4.1)$$

Для існуючого варіанту [97,118] ИРР-1М:

$$W_c = 2,0 \text{ т / год};$$

Для пропонованого варіанту [97,118]:

$$W_4 = 1,8 \text{ т / год}.$$

де ΔH - річна економія праці люд.-год;

$H_7, H_{пу1}$ - витрати праці відповідно за існуючим і проектного варіантів на i - й операції, люд.-год / т; w_n - річний виробіток агрегату в проектованому варіанті, т. k - кількість операцій технологічного процесу.

Витрати праці на i -й операції визначаються за формулою [97,118]:

$$H_{i,j} = \frac{L_i}{W_{чi}}, \quad (4.2)$$

де Π - кількість обслуговуючих механізаторів на i - й операції, чол. W_{4i} - годинна продуктивність агрегату на i - й операції, т / год.

Одним з основних показників економічної ефективності пропонуваніх інженерних рішень є очікуваний річний економічний ефект, який визначається за формулою:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \sum_{i=1}^K \Delta P_i + D_y + D_k + D_p, \quad (4.4)$$

де $\mathcal{E}_{\text{год}}$ - загальний річний економічний ефект, грн.;

Річна економія від скорочення приведених витрат на i -й операції, грн.;

D_y , D_k , D_p - відповідно додатковий ефект від збільшення врожаю, підвищення якості продукції та економії ресурсів., грн.

$$\Delta P_{y,i} = (P_{y,i}^c - P_{y,i}^n) \cdot Q_{y,i}^n, \quad (4.5)$$

Річна економія від скорочення приведених витрат на i -й операції визначається за формулою [97,118]: проектного варіантів, грн.;

$Q_{y,i}$ - річний виробіток агрегату на i -й операції.

Наведені витрати на виконання i -й операції розраховуються за формулою [97,118]: де $Z_{y,i}$ - прямі експлуатаційні витрати на i -й операції, грн. / Т;

$$P_{y,i} = Z_{y,i} + E \cdot K_{y,i}$$

E - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E = 0,15$);

$K_{y,i}$ - капіталовкладення на i -й операції, грн. / Т

«Питомі капіталовкладення на виконання i -й операції розраховуються за формулою» [97,118]:

$$K_{y,i} = \frac{K_m}{T_{z,m} W_{y,i}} + \frac{K_{cm}}{T_{z,cm} W_{y,i}} + \frac{K_{ch}}{T_{z,ch} W_{y,i}}, \quad (4.6)$$

де K_t , K_{cm} , K_{ch} - балансова вартість трактора, сільгоспмашини і зчіпки

відповідно, грн .;

ТВТ, тгсmtгсц - нормативна завантаження трактора, сільгоспмашини і зчіпки відповідно ч. / рік.

Експлуатаційні витрати на виконання і - й операції визначаються за формулою [97,118]:

$$Z_{y,i}^3 = C_i^3 + C_i^a + C_i^{p.mo} + C_i^{тсм} + C_i^{np}, \quad (4.7)$$

де СЗ - витрати на оплату праці з відрахуваннями на соціальні потреби на і - й операції, грн. / т;

ЗІ - АМОРТИЗАЦІЙНІ ВІДРАХУВАННЯ НА І - Й ОПЕРАЦІЇ, ГРН. / Т;

СРТО - відрахування на ремонти і техобслуговування на і - й операції, грн. / т;

З^{тм} см - витрати на паливо і мастильні матеріали на і - й операції, грн. / Т;

СП - інші прямі витрати на і - й операції, грн. / Т.

Балансову вартість проектованої машини (Кп) можна визначати за формулою [97,118]:

$$K_n = K_c + K_{mod}, \quad (4.8)$$

де К_{мод} - додаткові витрати на модернізацію машини, грн.

Витрати на виготовлення машини можна визначити за формулою:

$$K_{mod} = K_{p.m} + K_n + K_{мз} + K_{зн} + K_{np}, \quad (4.9)$$

де К_{мод} - витрати на модернізацію машини, грн .;

К_{рм} - витрати на витратні матеріали, грн .;

К_п - витрати на покупні вироби, грн .;

К_о - транспортно-заготівельні витрати, грн .;

Кзп- заробітна плата працівників з відрахуваннями на соц. потреби, грн .;
Кпр - загальновиробничі і загальногосподарські витрати, грн.

Витрати на матеріали і покупні вироби, необхідні для виготовлення машини, визначаються на підставі їх обсягів, встановлених згідно з кресленнями, і цін, що визначаються за прайс-листами торгуючих організацій [97,118]. Транспортно-заготівельні витрати (Ктз) приймаються рівними 10% від вартості покупних матеріалів і виробів [97,118].

Загальновиробничі і загальногосподарські витрати визначаються в розмірі 4% від зарплати з відрахуваннями на соціальні потреби [97,118].

Для розрахунку витрат на матеріали і покупні вироби заповнимо таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Витрати на матеріали і покупні вироби [97,118]

Найменування матеріалу, деталі	кількість	Ціна за од., грн.	Сума, грн.
Кутик 40х40 х5,0, кг	45	41,5	1867,5
Лист 5 2 мм Ст 3, кг	9	42,6	383,4
Коло 030 Ст 45, кг	0,9	54,5	49,05
Лист 5 4 мм Ст 45, кг	47	52,6	2472,2
Металовироби, кг	1,8	250	450
Електроди, кг	5	126	630
Електродвигун Потужність 15 кВт, шт.	1	37000	37000
Ремінь приводу, шт.	3	800	2400
Коло 025 Ст 3, кг	3,8	39	1482
Разом			46734,15
транспортно-заготівельні витрати			4673,84
всього			51407,57

Основна зарплата працівників, що займаються виготовленням машини,

визначається по годинних тарифних ставок, і трудомісткістю виконуваних робіт відповідно до хронометражу або нормативними довідників [97,118].

Трудомісткість і зарплата на виготовлення машини, а також відрахування на соціальні потреби розраховуються [97,118] в таблиці 4.2.

Таким чином, балансова вартість проектованої машини складе:

$$K_{\Pi} = 51407,57 + 2817,7 = 54225,27 \text{ грн.}$$

Зробимо розрахунок всіх статей експлуатаційних витрат за існуючим і проектованим варіантів [97,118].

Оплата праці з відрахуваннями на соціальні потреби визначається за формулою [97,118]:

$$C_i^z = \left(\frac{m_{\text{ч.і}}^{\text{м}} \cdot l_i^{\text{м}}}{W_{\text{ч.і}}} \cdot K_{\text{м}} + \frac{m_{\text{ч.і}}^{\text{сп}} \cdot l_i^{\text{м}}}{W_{\text{ч.і}}} \cdot K_{\text{сп}} \right) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (4.10)$$

де m м твр - годинні тарифні ставки механізатора і допоміжних робітників відповідно на i - й операції, грн. / год;

l , l_y - кількість відповідно механізаторів і допоміжних робітників, які обслуговують агрегат на i - й операції, чол;

$K_{\text{ХК}}$, P - коефіцієнти доплат до тарифного фонду механізаторів і допоміжних робітників (1,25 і 1,1 відповідно);

Таблиця 4. 2 - Трудомісткість і зарплата на виготовлення машини

Вид робіт	розряд	Тривалість , год	Тарифна ставка, грн. / год	вартість, грн
токальні	4	4	115,6	462,4
Слюсарно-складальні	5	8	134,2	1073,6
зварювальні	5	1,5	134,2	201,3
налагоджувальні	4	3	115,6	346,8
Разом:				2084,1
Відрахування до фонду соціального страхування (30%), грн				625,23

Загальновиробничі і загальногосподарські витрати, грн				108,37
Всього:				2817,7

$$C_i^a = \frac{K_m a_m}{100 \cdot T_{z.m} W_q^i} + \frac{K_{cm} a_{cm}}{100 \cdot T_{z.cm} W_q^i} + \frac{K_{cн} a_{cн}}{100 \cdot T_{cн} W_q^i}, \quad (4.11)$$

Амортизаційні відрахування рівні [97,118]:

Ксоц - коефіцієнт відрахувань на соціальні потреби (Ксоц = 1,3). Для існуючого варіанту [97,118]: Для проектного варіанта [97,118]: де ат, асмасц - річна норма амортизаційних відрахувань, %

Розраховані показники питомої енергоємності для проектного подрібнювача становлять 8,3кВт-ч / т, що свідчать про ефективність проектного машини в порівнянні з показниками питомої енергоємності ИРР-1М - 20 кВт-год / т.

Тоді при необхідній продуктивності проектного подрібнювача рівній до 2 т / год потужність приводу складе $8,3 \times 2 = 16,6$ кВт.

Розрахуємо річні експлуатаційні витрати для подрібнювача кормів ИРР-1М і проектного подрібнювача.

Таблиця 4.3 - Економічна ефективність проектного подрібнювача

показник	Значення показника		ефект	
	існуючого	проектований	Абсолют.	Відносн.,
Витрати праці, люд.год. / т	0,5	0,56	0,06	12
Продуктивність праці, т / люд - год	2,0	1,8	-0,2	-10
Експлуатаційні витрати, грн. / т	237,6	111,05	-126,55	-53,26
в тому числі: оплата праці	72,7	80,8	8,1	11,14
амортизація	25,6	4,2	-21,4	-83,59
ремonti і ТО	28,6	4,7	-23,9	-83,57
електроенергія	107,8	18,15	-89,65	-83,16
інші прямі витрати	2,9	3,2	0,3	10,34
Капіталовкладення, грн. / Т	204,4	33,47	-170,93	-83,6
Наведені витрати, грн. / Т	268,26	116,07	-152,19	-56,7
Металоємність, кг / т	0,8	0,79	-0,01	-1,25

Питома енергоємність, кВт год / т	20	8,3	-11,7	-58,5
Додаткові капіталовкладення, грн	54225,27		x	
Очікуваний річний економічний ефект, грн	25111,35			
Термін окупності додаткових капіталовкладень, років	2,1			
коефіцієнт фактичної ефективності капіталовкладень	0,46			

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі проведеного аналізу конструкцій технічних засобів для приготування кормів в пресованому вигляді, удосконалено класифікацію подрібнювачів кормів, яка дозволила розробити конструктивно технологічну схему подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді..

1. В результаті проведеного теоретичного аналізу робочого процесу подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді визначені аналітичні вирази, які дозволили визначити конструктивно-технологічні параметри подрібнювача стеблових кормів, що впливають на енергоємність: кутова швидкість подрібнюючого робочого органу (ω); кут нахилу між подрібнюючим робочим органом і горизонтальними зубчастими сегментами (α); кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу (Z) і кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів (n).

2. Теоретичними дослідженнями встановлено раціональні конструктивно-технологічні параметри комбінованих ріжучих сегментів: кутова швидкість подрібнюючого робочого органу від 2,4 до 3,3 с^{-1} , при продуктивності рівній від 2 до 3 т / год відповідно; кут нахилу між подрібнюючим робочим органом і горизонтальними зубчастими сегментами становить від 300 до 320; кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу рівним $Z = 9$; кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів рівним $n = 6$. Питома енергоємність технологічного процесу складає від 2,0 до 2,5 кВт-год / т.

3. В результаті експериментальних досліджень процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді визначено, що основним фактором, що впливає на питому енергоємність, є продуктивність подрібнювача стеблових кормів. Раціональними конструктивнотехнологічними параметрами при яких питома енергоємність становить від 2,0 до 3,0 кВт • год / т є: кутова швидкість подрібнюючого робочого органу, що змінюється в межах від 3,2 до 4,6 с^{-1} ; кут нахилу між подрібнюючим робочим органом і горизонтальними зубчастими

сегментами становить від 300 до 350; Кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу рівним від 6 до 9; кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів n рівним від 7 до 9 при середньозваженої довжині частинок рівним 50 мм, що відповідає зоотехнічним вимогам по довжині різанні для ВРХ. Збіжність теоретичних та експериментальних результатів складає 93-95%.

4. Реалізація запропонованого подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді в порівнянні з існуючим ИРР-1М дозволяє знизити питомі енерговитрати на 41,5% і отримати річний економічний ефект у сумі 25111,35 рублів. Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 2,1 рік.

Список використаних джерел