

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр"
на тему:
**Обґрунтування параметрів дискового робочого органу подрібнювача
стеблових кормів**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-19
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Зайвий Дмитро В'ячеславович

Керівник: _____ Гаврильченко Олександр Степанович

Рецензент: _____ Луц Павло Михайлович

Дніпро, 2021

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

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Зайвий Дмитро В'ячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів дискового робочого органу подрібнювача стеблових кормів

керівник роботи Гаврильченко Олександр Степанович, канд. техн. наук., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи 25 січня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та існуючого обладнання для подрібнення стеблових кормів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Сучасний стан та перспективи розвитку обладнання для реалізації процесу подрібнення грубих кормів. 2. Теоретичні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів. 3. Програма і методика дослідження процесу подрібнення стеблових кормів. 4. Результати експериментальних досліджень процесу подрібнення стеблових кормів. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність використання подрібнювача стеблових кормів. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (5 аркушів, А4). 2. Теоретичні дослідження (4 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуша, А4)
4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (1 аркуш, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гаврильченко О. С., доцент		
2	Гаврильченко О. С., доцент		
3	Гаврильченко О. С., доцент		
4	Гаврильченко О. С., доцент		
5	Кравець В. В., доцент		
6	Вінніченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Гаврильченко О. С., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

_____ (підпис)

Зайвий Д.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Гаврильченко О. С.

_____ (прізвище та ініціали)

Зайвий Д. В. Обґрунтування параметрів дискового робочого органу подрібнювача стеблових кормів. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. В першому розділі представлено роль і місце грубих кормів в системі годівлі сільськогосподарських тварин, аналіз існуючих конструкцій машин для подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді для ферм ВРХ, класифікація подрібнювачів кормів. В другому розділі проведено теоретичне обґрунтування конструктивно-технологічної схеми подрібнювача, представлено теоретичні передумови підвищення ефективності процесу подрібнення грубих кормів, визначено енергоємності подрібнювача стеблових кормів. В результаті багатофакторного експерименту проведено дослідження процесу подрібнення стеблових кормів. Проведено дослідження шкідливих та небезпечних виробничих факторів на виробництві. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: стеблові корми, подрібнювач, параметри, процес, дослідження, ефективність

ЗМІСТ

Вступ	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОБЛАДННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ГРУБИХ КОРМІВ ...	9
1.1 Роль і місце грубих кормів в системі годівлі сільсько- господарських тварин	9
1.2 Аналіз існуючих конструкцій машин для подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді для ферм ВРХ	14
1.3 Класифікація подрібнювачів кормів	22
1.4 Висновки з розділу. Мета і задачі досліджень	26
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ	28
2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми подрібнювача	28
2.2 Теоретичні передумови підвищення ефективності процесу подрібнення грубих кормів	30
2.3 Визначення енергоємності подрібнювача стеблових кормів	38
2.4 Висновки з розділу	46
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ STEБЛОВИХ КОРМІВ	47
3.1 Мета і завдання експериментальних досліджень.....	47
3.2 Лабораторне обладнання та вимірювальні прилади	48
3.3 Методика проведення багатofакторного експерименту	51
3.4 Висновки до розділу	53
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ STEБЛОВИХ КОРМІВ	54
4.1 Результати планованого експерименту	54
4.2 Аналіз результатів досліджень	56
4.3 Висновки з розділу.....	68
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69

5.1	Загальні відомості про охорону праці в господарстві	69
5.2	Шкідливі та небезпечні виробничі фактори на виробництві	70
5.3	Режим праці та відпочинку	71
5.4	Вимоги безпеки при приготуванні кормів	72
5.5	Висновки з розділу.....	77
6	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ	77
6.1	Розрахунок економічної ефективності	72
6.2	Висновки з розділу.....	82
	ВИСНОВКИ	83
	Список використаних джерел	85
	Додатки	96

ВСТУП

Величезний потенціал тваринницької галузі України не використовується і на половину, тому лише комплексний підхід для вирішення проблем у кормозабезпеченні тваринництва дасть змогу докорінно змінити ситуацію в напрямі повного задоволення державних потреб [1].

Однією з складових задекларованого комплексного підходу є розробка науково обґрунтованих технологій та технічних засобів, що забезпечують економічно доцільне залучення на кормові цілі продуктів переробки рослинної сировини із подальшим довготривалим зберіганням.

Технологічний процес подрібнення стеблових кормів є однією із найбільш енергоємних операцій на яку витрачається до 50% електроенергії, причому більша частина – нераціонально, перетворюючись в тепло та інші види енергії [1, 2, 3].

Тому дослідження спрямовані на вирішення проблеми зниження енергоємності та зведення до мінімуму втрат поживної цінності кормів без погіршення якісних показників в процесі їх подрібнення є актуальними та мають практичну цінність.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОБЛАДННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ГРУБИХ КОРМІВ

1.1 Роль і місце грубих кормів в системі годівлі сільськогосподарських тварин

Підвищення продуктивності тварин неможливе без якісної підготовки кормів. Відомо, що поживні речовини активно засвоюються тваринами в подрібненому вигляді, так як в подрібнених кормах збільшується активна поверхня частинок. Це сприяє прискоренню процесу травлення і засвоєнню поживних речовин [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

При вирощуванні та відгодівлі молодняку застосовують різні види кормів та раціони, в залежності від способу та утримання тварин [1, 3, 6, 9, 10].

Типовий раціон включає різні найменування кормових елементів відповідно до технології системи годування тварин [1]. Орієнтовний раціон для корів різної продуктивності живою масою 500 кг в зимовий період представлений в таблиці 1.1 [1, 10, 11]

Таблиця 1.1 – Раціон для корів різної продуктивності живою масою 500 кг в зимовий період, кг на одну голову на добу

Компоненти	Добовий надій, 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

При нестачі в раціоні перетравного протеїну, мінеральних речовин, а також при порушенні травних процесів в рубці тварини, викликаних

неправильним раціоном, знижуються надої та відсоток жиру в молоці [1, 6, 7, 10, 11, 12].

Розвиток і здоров'я телят, вгодованість, висока продуктивність, запобігання розладів травлення в значній мірі визначаються умовами годівлі та утримання корів в стійловий сухостійний період, який триває 4-6 тижнів (таблиця 1.2) [1]. У літній період стеблові та соковиті корми замінюють зеленою масою у відповідності до поживності та кількості. Середньодобові прирости становлять: 7 ... 12 міс. - 750 г; 13 ... 18 міс. - 850 г. Жива маса однієї тварини на початку періоду 155 кг; в кінці періоду 445 кг (таблиця 1.3) [1].

Таблиця 1.2 – Кормовий раціон для сухостійних корів з живою вагою 500 кг, надоєм – 15 кг молока з 4 % жиру

Корми	Кіл, кг	Вміст				
		Корм.од., кг	Протеїн, г	Кальцій, г	Фосфор, г	Каротин, г
Силос	15	3	210	23	83	225
Бобові	2	0,62	28	8	2	3
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

Проаналізуємо необхідну продуктивність подрібнювача стеблових кормів. Продуктивність мобільного подрібнювача можна визначити з виразу [13, 14]:

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

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

Таким чином, розрахункова продуктивність подрібнювача стеблових кормів (сіна) до 2,0 т/год [15, 16].

Таблиця 1.3 – Раціони годування молодняка на дорощуванні та відгодівлі [17]

Корм, кг			Міститься в раціоні					
Жива маса, кг	Сінаж (36% сухої речовини)	Комбікорм	Сухої речовини, кг	Кормових одиниць, кг	Протеїну, г	Клітковини	Кальцію, г	Фосфору, г
Дорощування (середньодобовий приріст маси – 750-800 г)								
150	8	2,8	4,88	4,62	459	998	28	20
200	10	2,0	5,68	5,28	521	1134	33	23
250	12	2,0	6,61	5,92	685	1302	37	26
300	14	2,0	7,05	6,56	642	1451	41	29
Відгодівля (середньодобовий приріст маси – 1250 г)								
350	16	3,0	8,29	8,05	815	1687	46	35
400	18	3,5	9,35	9,26	942	1885	50	40
450	18	4,0	9,9	9,68	966	1912	53	44
500	20	4,5	11,0	10,75	1100	2136	60	47

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

Сіно може бути приготоване з трав залежно від ботанічного складу та способу їх вирощування: альпійським, бобово-різнотравним, осоковим, гірським, збірним, злаковим, злаково-полиновим, луговим, кропив'яним [12].

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) до 66 г (сіно збірне). Кількість безазотистих екстрактивних речовин, до складу яких входять цукор, крохмаль та клітковина,

також різна та залежить від фази скошування трави (бутонізація, цвітіння або дозрівання насіння) [1, 17].

Одним із найбільш перспективних способів заготівлі кормів є пресування. У США 90% сіна пресується. В інших країнах використання цього методу стримувалося через відсутність вантажно-розвантажувальних засобів та високу вартість обладнання для пресування. Переваги пресування кормів - поліпшення його якості, зниження втрат, зменшення витрат праці та часу, полегшення роздачі та нормування при згодовуванні [5, 6] (рис. 1.1).



а)



б)

Рисунок 1.1 – Заготівля стеблових кормів в тюки (а) та рулони (б)

Заготівля сіна пресуванням включає наступні операції: скошування трав, згрібання маси в валки, підбір її з валків і формування тюків (не більше 30 кг), збір їх в штабеля, перевезення до місця зберігання і укладання в скирти. Розміри рулонів можуть бути від 1 до 1,8 м в діаметрі і до 1,5 м в довжину. Тюки 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 [4] (табл. 1.4).

Перевагами заготівлі сіна в тюках або рулонах відзначають зниження втрат при збиранні; мінімальні втрати листової частини рослин (найбільш поживної частини); зменшення витрат праці; ефективне використання сховищ; втрати не перевищують 5 % при збереженні врожаю.

Таблиця 1.4 – Вага тюків і рулонів сіна [6, 7]

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
82x82x82	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

Стеблові корми як пружно-в'язко-пластичний матеріал має волокнисту структуру та виражену анізотропність (залежність механічних, теплових, електричних, магнітних, оптичних властивостей речовини від напрямку). До числа найважливіших фізичних властивостей стеблових кормів відноситься їх щільність ($\text{кг}/\text{м}^3$), що показує яка кількість маси міститься в одиниці об'єму. Вона залежить від вологості, ботанічного складу травосуміші, крупності частинок [12]. Характеристика фізико-механічних властивостей стебел представлена в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Фізико-механічні властивості стебел [18]

Вид	Діаметр стебел на висоті зрізу, мм		Висота стебел, м		Питома робота різання, $\text{Дж}/\text{м}^2 \cdot 10^3$	
	min	max	min	max	min	max
Товсто-стеблові	15	50	1,0	5,0	5,9	23,6
Тонко-стеблові	5	10	0,5	3,0	5,9	23,6
Трави	2	15	0,3	0,8	3,9	21,6

Для кормів потрібно знати характеристики властивостей та умов навантаження, при яких має відбутися обов'язкове їх руйнування для того, щоб визначити умови та робочі режими машин, при яких руйнування частинок буде можливе з найменшою витратою енергії [19]. Вимоги до якості подрібнення матеріалів зумовлені подальшим їх використанням. Середньозважений розмір

часток після подрібнення повинен знаходитися в межах 30-50 мм. При використанні в якості підстилки середній розмір часток після подрібнення має знаходитись в межах 80-100 мм [1, 6, 7].

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 МФХ необхідні якісні корми;
- стеблові корми становлять (до 60 відсотків) основну частину раціону для ВРХ;
- містять значну кількість клітковини (до 32%), тому для підвищення засвоюваності поживних речовин, вимагають подрібнення перед споживанням;
- перспективним способом заготівлі є спосіб пресування в рулони та 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.

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

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 та розглянемо їх основні технічні характеристики: продуктивність, потужність, питому енергоємність.

Подрібнювач соломи стаціонарний ИСС-180 (рис. 1.2) призначений для завантаження і подрібнення сухих рослинних матеріалів (сіно, солома) в рулонах циліндричної форми в стаціонарному режимі з вивантаженням матеріалу насипом або в транспортний засіб [20].



Рисунок 1.2 – Подрібнювач соломи стаціонарний ИСС-180

Стаціонарні подрібнювачі ИРР (рис. 1.3) дозволяють подрібнювати соломку та сіно в рулонах і тюках циліндричної форми в січку різної довжини [21].

Подрібнювач рулонів корму ИРК-145 (рис. 1.4) призначений для подрібнення грубих кормів та підстилкового матеріалу в рулонах із подальшою подачею в годівниці або стійла [22]. Робочими органами подрібнювача є фреза - це диск з 8-ма ножами. При цьому подрібнення відбувається внаслідок притискання під дією власної ваги рулону до обертової фрези. Подрібнена маса потрапляє на лопаті крильчатки ротора та виноситься вгору, а потім надходить до вивантажного рукава [23, 24].

Подрібнювач рулонів ИР-1,8 (рис. 1.5) призначений для само завантаження, транспортування від місця складування і подрібнення рулонів Сіна, сінажу в упаковці і соломи з подачею подрібненої маси в бург, на кормовий стіл, підстилки [25].

Подрібнювач кормів роторний РИК - 88 (рис. 1.6) призначений для подрібнення грубих кормів в розсипному і пресованому вигляді (рулонів або тюків соломи та сіна) нормальної (не більше 20%) і підвищеної (не більше 60%) вологості з одночасним навантаженням подрібненої маси в транспортні засоби. Застосовується на фермах великої рогатої худоби в усіх зонах тваринництва [26].



Рисунок 1.3 – Подрібнювач стаціонарний ИРР-1М



Рисунок 1.4 – Подрібнювач грубих кормів в рулонах ИРК - 145

Подрібнювач соломи навісний ИСН-1,8 (рис. 1.7) призначений для подрібнення і розкидання соломи як для годування тварин, так і для підстилки в стійловий період. Подрібнюючий ротор ротор з набором молотків і сит дозволяє

подрібнювати соломі різних фракцій. Підстилка з кращими показниками вбирання забезпечує чистоту тварин та гігієну місця відпочинку тварин [27].



Рисунок 1.5 – Подрібнювач рулонів ИР-1,8



Рисунок 1.6 – Роторний подрібнювач кормів РИК-88



Рисунок 1.7 – Подрібнювач кормів навісний ИСН - 1,8

Кормоподрібнювач КР- 02 призначений для подрібнення сухої трави, сіна і соломи (рис. 1.8) з продуктивністю 400 і 120 кг / год [17, 28]. Завантаження сировини здійснюється вилами. У комплектацію агрегату входить одна решітка, що дозволяє отримувати фракцію подрібненого продукту 25-30 мм.



Рисунок 1.8 – Кормоподрібнювач КР-02

Соломорізка НХ (Туреччина) споживаної потужністю до 3 кВт призначена для подрібнення трави, сіна і соломи в особистих підсобних і невеликих фермерських господарствах для приготування кормів домашнім тваринам і птиці (рис. 1.9) [17].



Рисунок 1.9 – Соломорізка НХ

Оцінка роботи подрібнювача проводиться за його технічними характеристиками, а саме продуктивністю, питомою енергоємністю, якістю подрібнення. Таким чином, в таблиці 1.6 проаналізовано порівняльні характеристики вищевказаних подрібнювачів.

Для отримання подрібненого готового продукту в машинах використовують різноманітні принципи руйнування: стиснення, зрушення, удар, різання та інші. Використання різних способів впливає на енергоємність процесу та фракційній склад готового матеріалу.

Подрібнювач рулонів ЯВ 1200 KR.UK (Польща) призначений для подрібнення рулонів, ЯВ 1500 KR.UK – для подрібнення рулонів і тюків [29].

Таблиця 1.6 – Порівняльна характеристика деяких подрібнювачів кормів

Модель	Габаритні розміри ДхШхВ, мм	Продуктивність, т/год	Потужність приводу, кВт	Питома енергоємність, кВт год/т	Подрібнюючий 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	-

Ножовий барабан подрібнює матеріал та подає на лопаті розкидаючого ротора, що забезпечує велику продуктивність машини [16]. Ніж для круглих рулонів фірми GOWEIL (Нідерланди) [30] призначений для подрібнення і подачі сінажу, сіна і силосу, спресованих в циліндричні рулони. Коли ніж відкритий, рулон захоплюється за допомогою зубів та перевозиться на ділянку годівлі. Рулон утримується за рахунок незначного тиску при контакті з ножем [15]. Розмотувач рулонів RBA дає можливість оптимальної видачі кормової маси безпосередньо на кормовий стіл. Телескопічний маніпклятор, що

встановлюється збоку, дозволяє легко підбирати рулони в місці зберігання [31]. Серія машин UNIBALL (Італія) була розроблена в "Luclar international" для роботи з такими матеріалами як сіно і солома [32].

Подрібнювач соломи барабанного типу – Tomahawk 505M призначений для розподілу підстилки в тваринницьких приміщеннях. Подрібнюючи рулон за 4-6 хвилин дане обладнання викидає подрібнену солому на відстань до 10 м та на висоту до 1,9 м. Розмір частинок подрібненої соломи варіює від 2 до 12 см [33].

Технічні характеристики технічних засобів іноземного виробництва представлені в таблиці 1.7.

Також відома конструкція роздавача - подрібнювача стеблових кормів (рис. 1.10), робочі органи якої виконані у вигляді елементів, розміщених навпроти зони надходження сипучого корму з живильника, закріплені з різноспрямованим нахилом до траєкторії їх обертального руху [34, 35, 36].

У іншій конструкції подрібнювача – роздавача пресованих кормів (рис. 1.11) ріжучі елементи виконані у вигляді ножів сегментної форми [37].

Пристрій також забезпечений подрібнювачем [38, 39, 40], змонтованим всередині бункера та виконаним у вигляді великого та розташованого над ним малого фрез-барабанів [41, 42, 43].

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики подрібнювачів кормів

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

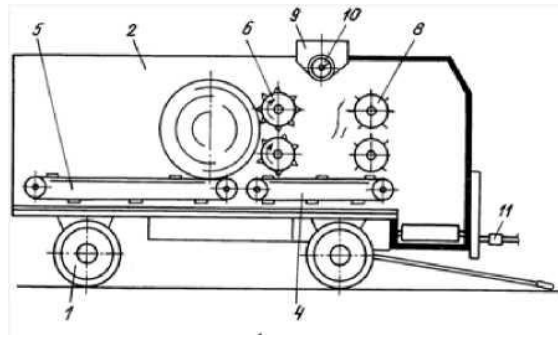


Рисунок 1.10 – Роздавач-подрібнювач пресованих кормів

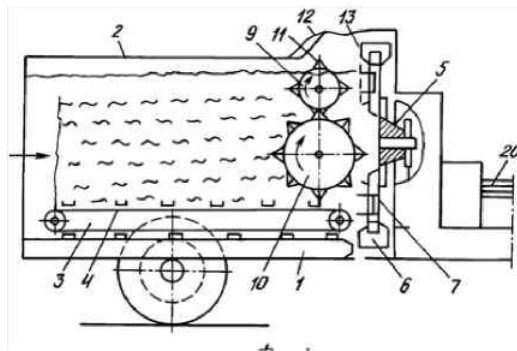


Рисунок 1.11 – Подрібнювач-роздавач пресованих кормів

Подрібнювач кормів (рис. 1.12) обладнаний ріжучим ротором із зубцями на внутрішній поверхні бункера, розташовані по гвинтовій спіралі [42, 44]. Подрібнювач корму, сформованого в рулони (рис. 1.13) має диск для відокремлення кормів, що містить подрібнювальні елементи та консольно закріплені лопатки всередині бункера [42, 45, 46].

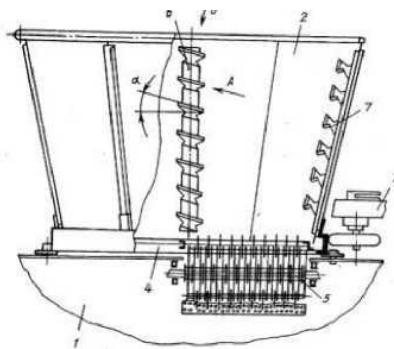


Рисунок 1.12 – Конструктивно-технологічна схема подрібнювача кормів

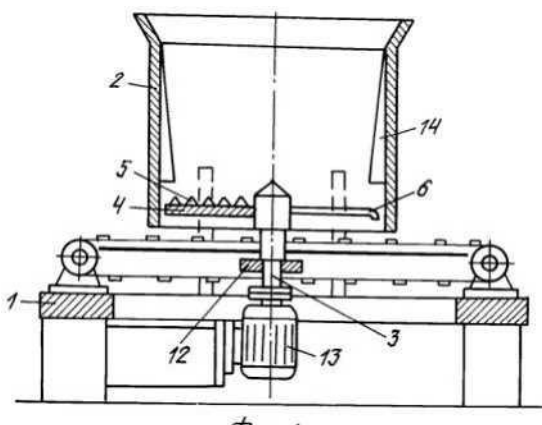


Рисунок 1.13 – Конструктивно-технологічна схема подрібнювача кормів, сформованого в рулони

Складність застосовуваної технології годівлі тварин, різноманітність кормового раціону, відмінність в способах підготовки та зберігання кормів та інші умови, негативно впливають на ефективність застосування пристроїв на малих фермах. З проведеного вище аналізу конструкцій машин для малих форм господарювання підходять машини: ИРР-1М; ИР-1,8; ИСС-180, але до їх суттєвих недоліків варто віднести високу енергоємність.

1.3 Класифікація подрібнювачів кормів

Процес різання лезом відноситься до окремих видів подрібнення, в якому характер руху ножа відносно матеріалу, що піддається різанню має першочергове значення. В залежності від руху ножа різання поділяють на рубаюче и ковзне. Ковзне різання може бути здійснено різними способами: а) з допомогою вібрацій ножа; б) установкою ножа під кутом α до протиріжучої пластини; в) виконанням ріжучої кромки з певною кривизною, що характерно для обертальних робочих органів (рис. 1.14) [47, 48].

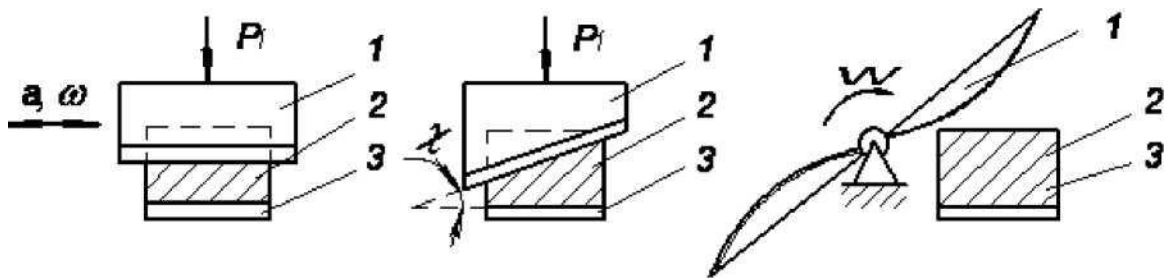


Рисунок 1.14 – Види змінного різання: а) вібраційне; б) похиле; в) плоско-обертальне: 1 – ніж, 2 – матеріал; 3 – протирізальна пластина

Для того, щоб застосувати той чи інший спосіб подрібнення і конструкцію робочих органів подрібнювачів стеблових кормів, слід враховувати фізико-механічні властивості матеріалу, а також вологість, температуру, щоб його руйнування було досягнуто при найменших напруженнях та витраті енергії. В цьому випадку розколювання, стирання або різання являються більш вигідними. Теоретичні та експериментальні дослідження ножових подрібнювачів показали перевагу подрібнювачів з шевронними лезами ножів [49, 50].

Експериментальні дослідження подрібнювача зворотно-поступальної дії показали, що він має менший рівень шуму та не переподрібноє корм на відміну від барабанних подрібнювачів [7]. Подрібнювальні пристрої виконуються також у вигляді молотильного ротора або ножового. Молоткові апарати довговічні і надійні, проте ці апарати характеризуються значною витратою енергії на привод [51, 52, 53]. Широке застосування отримали ножові барабанні апарати, однак при подрібненні матеріалів, які тривалий час зберігаються на відкритих майданчиках, вони мають недостатню надійність роботи через попадання в них сторонніх предметів. Таким чином, важливе значення має стан, вид і конструктивні параметри робочих органів машин для подрібнення (двох-площинні з дуговим профілем або зубчасті сегменти), спосіб підведення вихідного матеріалу в зону подрібнення та відведення готового продукту та інші. Тому необхідно оптимізувати конструктивно-технологічні параметри та режими роботи технічних засобів для подрібнення кормів [54].

Подрібнювальні машини складаються з бункера-живильника, подрібнювального пристрою та відвантажувального пристрою. Бункери-живильники виконуються у горизонтальному вигляді з рухомим дном обертовими з похилим і вертикальним розташуванням [55]. Вертикальні забезпечують подачу стеблових кормів в будь-якій формі: рулонів, тюків або розсипному вигляді [56]. Похилі можна застосовувати тільки при подрібненні рулонів, так як при завантаженні в них матеріалів мають місце великі втрати за рахунок викиду їх з бункера [57]. Також перевага гравітаційного способу подачі в тому, що додатково діє робота гравітаційної сили, яка за своєю величиною пропорційна масі цих тіл та обернено пропорційна відстані між ними, зведеної в квадрат. Перспективним напрямком для вивантаження готового подрібненого матеріалу є комплекс пристроїв, що переміщують матеріал за допомогою стисненого повітря [58].

Отже, існує проблема вдосконалення наявних технічних засобів шляхом поліпшення робочих органів та ріжучого апарату [59, 60, 61, 62, 63]. Розроблена класифікація подрібнювачів кормів (рис. 1.15) 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 та вивчаючи раніше розроблені схеми класифікацій, можна поділити подрібнювачі за наступними класифікаційними ознаками (рис. 1.15) [58].

За способом подачі корму: під дією гравітаційних сил, тобто самопливом і примусово за рахунок потужності механічного засобу - транспортером, повітряним потоком вентилятора. Подрібнювальний робочий орган - ріжучий апарат може бути горизонтальний, похилий, вертикальний, а конструкції ріжучого апарату: барабанні, дискові, шнекові, бітерні.

Подрібнювати корм можна плющенням, дробленням ударом, розколюванням, стиранням, різанням (нормальним, похилим, ковзним).

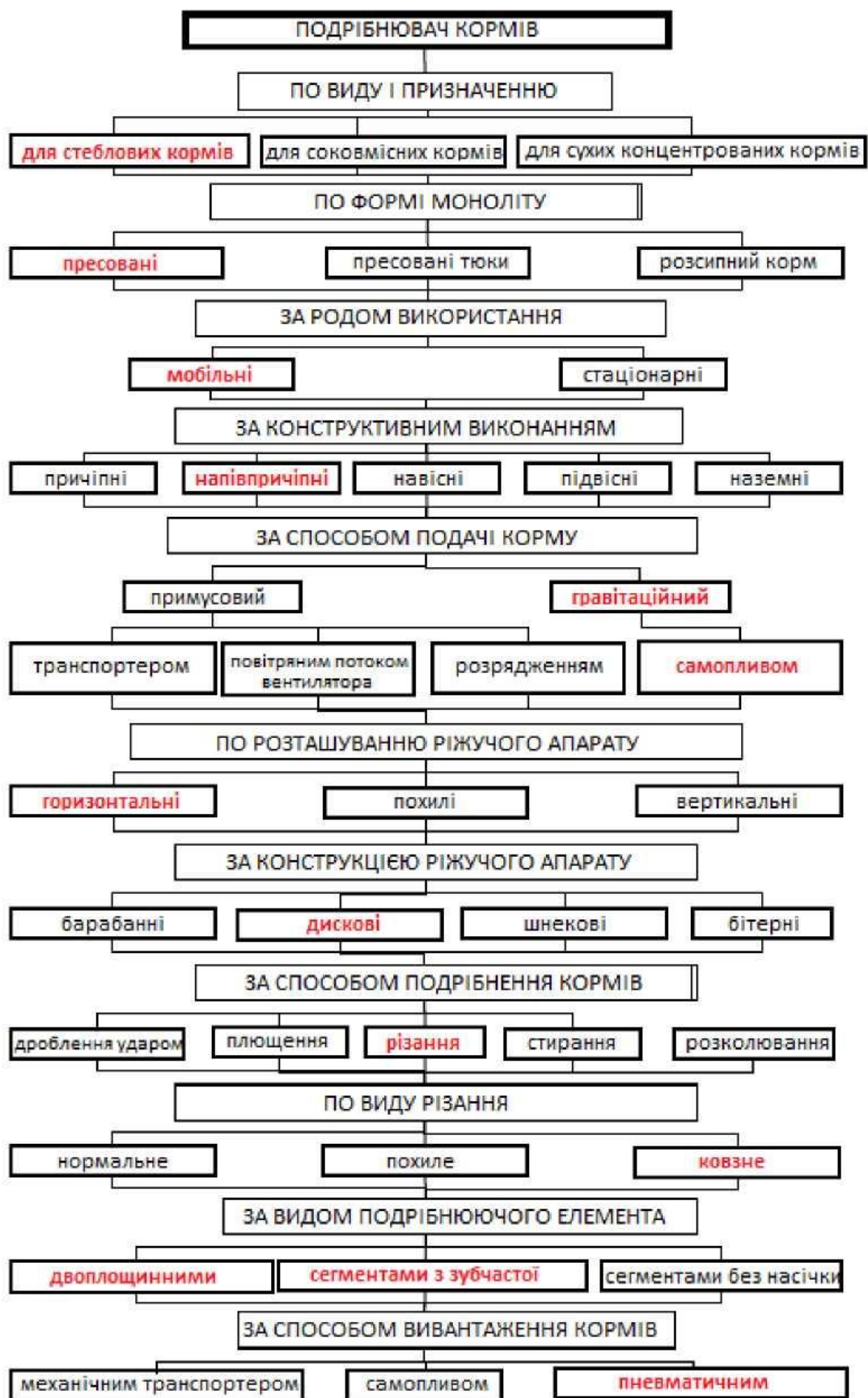


Рисунок 1.15 – Схема класифікації подрібнювачів кормів

За способом вивантаження в годівниці подрібнювачі поділяються на: пневматичні, механічні та самопливом [65]. Існують способи передачі крутного моменту різноманітними механізмами: за допомогою електричного приводу, тобто керованою електромеханічною системою, призначеною для перетворення електричної енергії в механічну та управління цим процесом; за допомогою валу відбору потужності, в якому вузол трактора, передає обертання від двигуна на механізми. Найбільш практичним способом є можливість суміщення в технічному засобі обох способів [7].

Таким чином, для зниження питомої енергоємності та спрощення конструкції при подрібненні пресованих кормів, доцільно використовувати технічні засоби з електроприводом, з гравітаційною подачею матеріалу на дисковий робочий органом з двох-площинними сегментами дугового профілю та горизонтальними зубчастими сегментами, розташованими по периметру подрібнювального робочого органу, що здійснює ковзне різання в двох або декількох площинах з пневматичною подачею матеріалу в годівниці тваринам [61, 64].

1.4 Висновки з розділу. Мета і задачі досліджень

В результаті аналізу техніко-технологічного забезпечення процесу подрібнення грубих кормів була розроблена класифікація грубих стеблових кормів, що дозволило розробити структурно-технологічну схему обладнання для реалізації цього процесу.

Метою роботи є підвищення ефективності процесу подрібнення стеблових кормів у пресованому вигляді шляхом розробки та обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача стеблових кормів з дисковим робочим органом із комбінованими ріжучими сегментами.

Для досягнення цієї мети було вирішено такі завдання:

1. Проаналізувати конструктивні особливості технічного та технологічного забезпечення процесу подрібнення грубих кормів, відомі теорії подрібнення та

різання та розробити конструктивно-технологічну схему подрібнювача з дисковим робочим органом із комбінованими ріжучими сегментами.

2. Провести аналітичні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів, встановити найбільш значущі фактори, що впливають на енерговитрати процесу, та визначити конструктивно-технологічні параметри пропонованого обладнання.

4. Провести експериментальні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів та обґрунтувати раціональні конструктивно-технологічні параметри подрібнювача.

5. Провести техніко-економічну оцінку подрібнювача корму з дисковим робочим органом з комбінованими ріжучими сегментами.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми подрібнювача

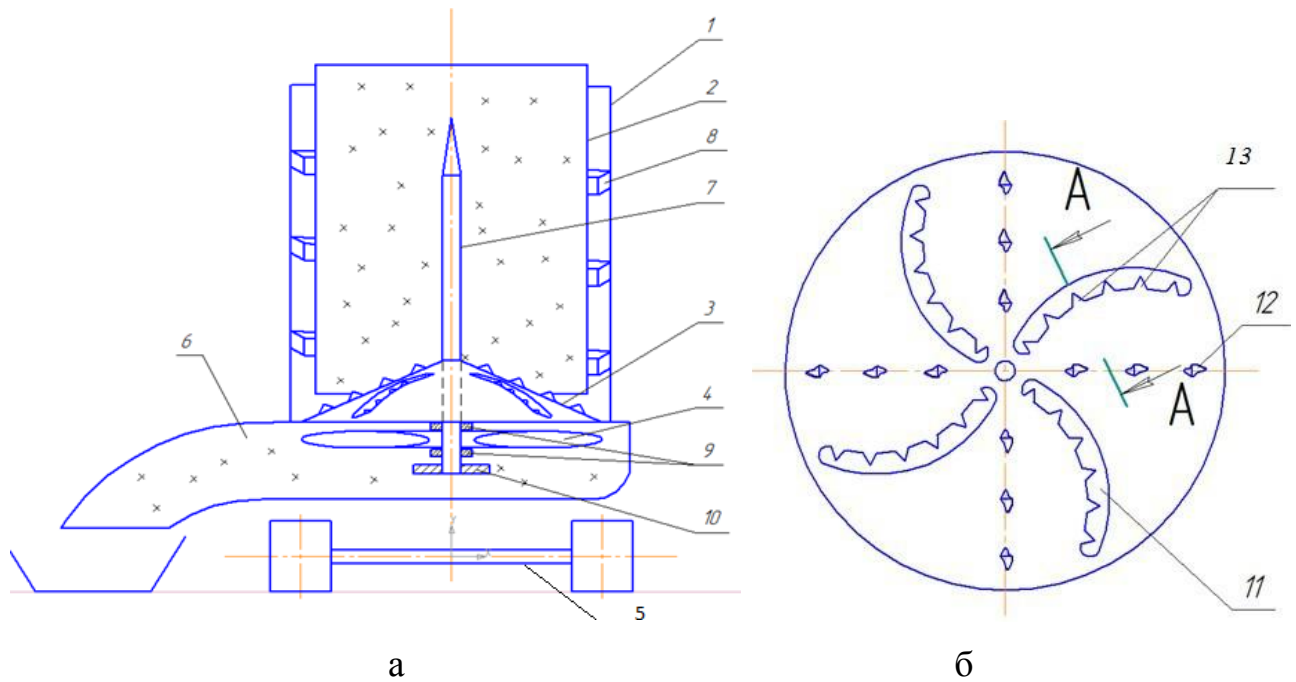
Вищевказаний аналіз показує, що з точки зору ресурсозбереження та забезпечення показників якості ефективніше застосовувати машини, оснащені комбінованими ріжучими сегментами. На основі вищесказаного пропонується технічне рішення, що дозволяє знизити витрати праці та енергії.

Таке конструктивне рішення дозволяє поліпшити якість корму за рахунок рівномірної подачі рулону за допомогою голки та направляючої шнекової навивки, а також за рахунок різання матеріалу в двох площинах сегментами з дуговим профілем та зубчастими елементами [47, 48].

Подрібнювач корму (рис. 2.1), складається з вертикального циліндричного бункера 1, розміщеного на рамі з ходовою частиною 5, по внутрішньому периметру якого розташована шнекова навивка 8, в нижній частині бункера розташований подрібнювальний робочий орган конусного типу 3 по осях якого закріплені подрібнювальні сегменти дугового профілю 12, а в міжосьовому просторі робочої поверхні диска радіально виконані горизонтальні зубчасті елементи 11. В поперечному перерізі розташовані ромбоподібні западини 13. Циліндричний бункер в осьовому вертикальному напрямку обладнаний голкою 7, закріпленою за допомогою підшипників 9 під корпусом робочого органу 3. При цьому на голці зафіксовані подрібнювальний робочий орган конусного типу 3 та лопатеве колесо 4, від приводу шківів 10. Конструкція також забезпечена вивантажувальним повітропроводом 6.

Подрібнювач працює наступним чином. Моноліт у вигляді рулонного тюка 2 подається у вертикальний циліндричний бункер 1, розміщений на рамі з ходовою частиною 5 та наколюється на голку 7. За рахунок взаємодії рулонного тюка з навивкою 8 та сил гравітації, тюк подається на подрібнення робочим органом конусного типу 3. При взаємодії матеріалу із зубчато-

подрібнювальними елементами 11 та подрібнювальними сегментами з дуговим профілем 12 відбувається подрібнення повздовжніх та поперечних волокон. Подрібнений матеріал надходить в ромбоподібні западини 13, звідки подається лопатевим колесом 4 до вивантажного повітропроводу 6 та завантажується в годівниці тварин.



- а – загальний вигляд; б – робочий орган; 1 – бункер; 2 – рулон;
 3 – подрібнювальний робочий орган конусного типу; 4 – лопатеве колесо;
 5 – ходова частина; 6 – повітропровід; 7 – голка; 8 – шнекова навивка;
 9 – підшипник; 10 – привод шківа; 11 – зубчастий подрібнювальний елемент;
 12 – двох-площинний сегмент; 13 – ромбоподібна западина

Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема подрібнювача грубих кормів

Пропонована конструкція в порівнянні з іншими технічними рішеннями має наступні переваги: рівномірну дію на матеріал в поздовжньому та поперечному напрямках (різання в двох площинах); зниження енергоємності машини за рахунок ковзного різання та транспортування готового матеріалу

повітряним потоком; поліпшення якості подрібнення; підвищення експлуатаційної надійності та терміну служби.

Виходячи з розглянутих технічних характеристик відомих подрібнювачів [20-46], була запропонована конструктивно-технологічна схема подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді, що має бути оснащена комбінованими ріжучими сегментами, виконана в компактному вигляді та повинна відповідати параметрам: продуктивність – 1,8-2,0 т/рік, розмір подрібнених частинок – 20-60 мм, потужність – 5 кВт.

2.2 Теоретичні передумови підвищення ефективності процесу подрібнення грубих кормів

При різанні (це подрібнення із застосуванням леза) зменшується лінійний розмір матеріалу, збільшується число нових частинок та їх сумарна площа бічної поверхні. Робочий процес різання лезом складається з двох етапів: ущільнення та різання матеріалу [48].

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

Величину питомої енергоємності процесу визначаємо як відношення енергетичної потужності двигуна до годинної продуктивності [71]:

$$W_a = \frac{N}{Q}, \quad (2.1)$$

де Q – продуктивність подрібнювача стеблових кормів, т/рік;

N – потужність, необхідна на привод подрібнювача, кВт.

Для визначення продуктивності подрібнювача необхідно визначити площу матеріалу, що зрізується одним ножом на поперечних площинах [18, 19, 72].

Подрібнювальний робочий орган радіусом R з криволінійними ножами на

поверхні та по периметру з сегментами обертається із заданою кутовою швидкістю ω_2 , навколо осі O . Також навколо осі O обертається рулон з радіусом r з деякою кутовою швидкістю ω_1 .

Для визначення проекції площі зрізаного матеріалу у поперечній площині, з центру O , опишемо кола радіусом R та r . Застосуємо декартову систему координат. Центри рулону і подрібнювального робочого органу збігаються в точці O [73] (рис. 2.2).

Припустимо, що радіус подрібнювального органа та радіус рулону збігаються та позначимо їх R . По периметру подрібнювального органу розташовані зубчасті сегменти, виліт яких дорівнює Δr . Тоді можна Записати:

$$R = r + \Delta r, \quad (2.2)$$

Оскільки рулон набуває незначного обертання відносно робочого органу, то кут повороту сегмента на подрібнювальному робочому органі буде становити [73, 74]:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 + \varphi_2, \quad (2.3)$$

де φ_1 і φ_2 – це зсуви між сегментом на подрібнювальному робочому органі та поворот рулону відносно корпусу подрібнювача відповідно.

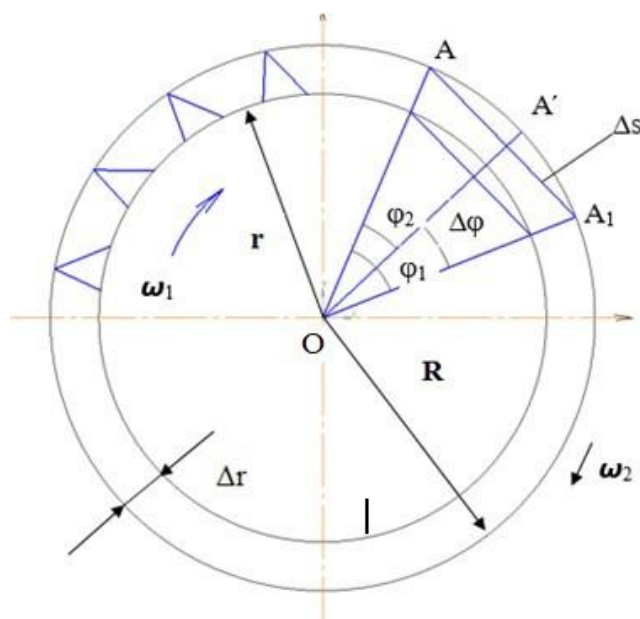


Рисунок 2.2 – Схема до визначення параметрів вирізаної частини

З $\triangle OAA_1$ знаходимо кут $\Delta\varphi$ за теоремою косинусів [75]:

$$(AA_1)^2 = (OA_1)^2 + (OA')^2 - 2(OA_1)(OA')\cos\Delta\varphi \quad (2.4)$$

Тоді переміщення ножа відносно рулону можна визначити:

$$\Delta s^2 = R^2 + R^2 - 2R R \cos\Delta\varphi \quad (2.5)$$

$$\cos\Delta\varphi = \Delta s^2 / (2R^2) - 1 \quad (2.6)$$

Таким чином, з формули (2.6) кут $\Delta\varphi$ становить:

$$\Delta\varphi = \arccos\left(\frac{\Delta s^2}{2R^2} - 1\right). \quad (2.7)$$

Площа зрізаного матеріалу залежить від кута повороту $\Delta\varphi$ та представлена на рис. 2.3 в заштрихованому вигляді [57, 72].

З метою подальшого аналізу та можливості більш спрощеного обчислення виразимо виділене секторами (з певним наближенням), користуючись теоремою Лагранжа для визначених інтегралів [76, 77]:

$$J = \int_a^b F(x) dx = F\left(\frac{a+b}{2}\right) \cdot (b-a). \quad (2.8)$$

Час T зрізу площі матеріалу, тобто час дії ножа на рулон визначається за співвідношенням:

$$T = \frac{\Delta\varphi}{\omega_2}. \quad (2.9)$$

Після закінчення деякого часу t з моменту утворення площі зрізаного матеріалу відносно центра в точці O ніж виконає поворот на кут $\varphi_1 = \omega_2 t$ точка A займе положення A_1 (рис. 2.3). За цей час рулон повернеться на кут $\varphi_2 = \omega_1 t$ (ω_1 – кутова швидкість рулону; ω_2 – кутова швидкість робочого органу; φ_1 – кут повороту сегмента; φ_2 – кут повороту рулону).

Між кутами поворотів робочого органу та рулону існує залежність [78]:

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1}; \quad (2.10)$$

$$\varphi_2 = \frac{\omega_2}{\omega_1} \varphi_1; \quad (2.11)$$

Розглянемо умови, при яких площа зрізаного матеріалу буде утворюватися

одна за одною, так що кінець попередньої площі зрізаного матеріалу буде початком наступної. Дана умова буде спостерігатися тоді, коли площа зрізаного матеріалу утворюється за $1/n$ оберту робочого органу (n – число сегментів на подрібнювальному робочому органі), тобто коли робочий орган повернеться на кут φ_1 за час T_1/n , де T_1 період обертання робочого органу. Тоді матимемо умови мінімальної кутової швидкості $\omega_{1\min}$ подрібнювального робочого органу, при якій відсутній перетин площі зрізаного матеріалу [72, 76, 77]:

$$\frac{\omega_{1\min} T_1}{z} = \varphi_1. \quad (2.12)$$

З урахуванням того, що період обертання робочого органу можна визначити зі співвідношення [79]:

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}. \quad (2.13)$$

Вираз мінімальної кутової швидкості подрібнювального робочого органу набуде вигляду:

$$\omega_{1\min} = \omega_1 \frac{\Delta\varphi_1}{2\pi} n, \quad (2.14)$$

З урахуванням формули (2.6) отримуємо, що

$$\omega_{1\min} = \omega_1 \frac{\arccos\left(\frac{\Delta s^2}{2R^2 - 1}\right)}{2\pi}, \quad (2.15)$$

При $\omega_2 > \omega_{1\min}$ між площами зрізаного матеріалу є необроблені сегментом ділянки. Загальна площа зрізаного матеріалу визначається як:

$$S_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} n, \quad (2.16)$$

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 h [76].

Встановимо залежність між кутовою швидкістю подрібнювального робочого органу та швидкістю рулону. Припускаючи, що точка дотику рулону з подрібнювальним робочим органом має швидкість [75]:

$$v_{\text{рулона}} = \omega_2 r, \quad (2.17)$$

У цьому випадку відсутнє проковзування відносно рулону, але є опір обертання рулону відносно його осі у вигляді сил при різанні.

Тоді швидкість рулону $v_{\text{рул}} < v_{\text{орг}}$ та визначається виразом [77]:

$$v_{\text{рулона}} = \omega_1 r = (1 - \varepsilon) v_{\text{орг}}, \quad (2.18)$$

де ε – коефіцієнт проковзування рулону відносно подрібнювального робочого органу [74]:

$$\omega_2 = \frac{1 - \varepsilon}{r} v = C v, \quad (2.19)$$

де $v = \omega_1 r$ – лінійна швидкість подрібнювального робочого органу;

$C = (1 - \varepsilon)/r$ – коефіцієнт, що характеризує опір обертання рулону (коефіцієнт проковзування рулону відносно приймального бункера подрібнювача).

Залежність між кутовою швидкістю подрібнювального робочого органу та швидкістю рулону визначимо із залежностей (2.19) та (2.15):

$$C v > \omega_{\text{min}} = \omega_2 \frac{\arccos\left(\frac{\Delta s^2}{2R^2 - 1}\right)}{2\pi}, \quad (2.20)$$

Будемо вважати, що за повний оберт одним ножом з рулону зрізується шар у вигляді витка логарифмічної спіралі [77]:

$$S(G) = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \alpha^\varphi d\varphi = \frac{1}{4 \ln \alpha} (\alpha^{4\pi} - 1), \quad (2.21)$$

$$S(G) = \frac{1}{4} S_1, \quad (2.22)$$

Кінці кожного з n -сегментів, встановлених на одному диску, описують однакові траєкторії ($n = 1, 2, 3 \dots$). Перший ніж описує траєкторію $A_1 C_1 B_1$ в тілі рулону. Другий описує траєкторію $A_2 B_2 C_2$ (рис. 2.3). Наступний – траєкторію $A_n C_n B_n$ і т.д. Звідси випливає, що кожен з ножів розрізає стебла в межах площі $A_n C_n B_n$ ($n = 2, 3, 4 \dots$) [73, 76].

Можна вважати, що площа, яка піддається дії різання за один робочий хід

ножа, рівна площі частини окружності $A_{n-1}A_nC_nC_{n-1}$, з радіусом R в межах центрального кута $\Delta\varphi$ (рис. 2.4). Кут $\Delta\varphi$ – кут, який описується дугою $A_{n-1}A_n$ радіуса R . Величина кута $\Delta\varphi$ дорівнює [79]:

$$\Delta\varphi = \omega_2 \frac{T_1}{n}, \quad (2.23)$$

де $\frac{T_1}{n}$ – час повороту подрібнювального барабану на кут $\frac{2\pi}{n}$.

Оскільки $T_1 = \frac{\pi}{\omega_1}$, то:

$$\Delta\varphi = \omega_2 \frac{2\pi/\omega_1}{n} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \frac{2\pi}{n}, \quad (2.24)$$

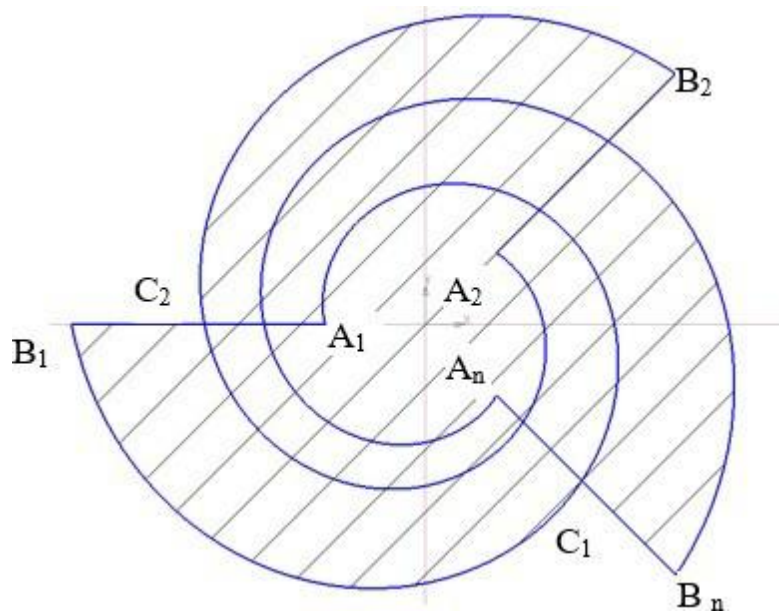


Рисунок 2.3 – Схема до визначення траєкторії сегмента у відносному русі

За перший оберт ролону, тобто за час T_2 ножі розріжуть стебла по всій площі кола:

$$S_1 = \pi R^2 \frac{\Delta\varphi}{360}, \quad (2.25)$$

де $R = r + \Delta r$ відповідно до (2.2).

Площа матеріалу зрізаного за один оберт при n - кількості ножів на подрібнювальному робочому органі визначається [73]:

$$S_1 = \pi R^2 \frac{\Delta\varphi}{360} n, \quad (2.26)$$

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

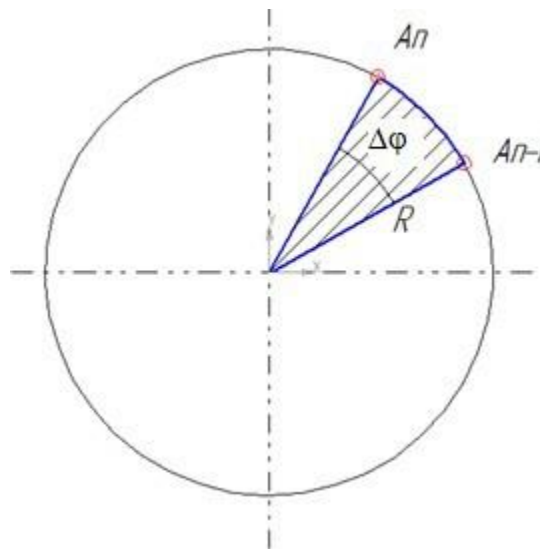


Рисунок 2.4 – Схема до визначення площі різання за хід сегмента

При цьому в результаті дії ножів, вібрації машини, сил тертя рулону в місцях контакту з іншими частинами машини та інших причин, з рулону за перший оберт знімається матеріал, обмежений об'ємом тіла порожнистого циліндра висотою h та радіусом основи R .

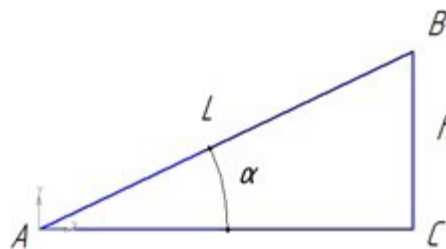


Рисунок 2.5 – Схема до визначення висоти зрізаного шару матеріалу

Визначимо об'єм зрізаного шару матеріалу за один оберт робочого органу. Будемо вважати рулон тілом циліндричної форми. Як вже було сказано раніше, за кожен оберт робочого органу знімається шар матеріалу висотою h (рис. 2.5).

Висота h визначається з трикутника АЛБС в якому: L – довжина активної частини леза зубчастого елемента подрібнювача, м; α – кут нахилу зубчастого елемента до поверхні робочого органу.

Тоді:

$$h = L \sin \alpha, \quad (2.27)$$

Отже, за перший оберт з рулону видаляється об'єм матеріалу рівний за величиною:

$$\begin{aligned} V_1 &= S_1 h \\ V_1 &= \frac{1}{4} \pi R^2 \frac{\Delta \varphi}{360} n L \sin \alpha, \end{aligned} \quad (2.28)$$

Звідси, маса матеріалу, що видаляється за перший оберт з рулону становить [78]:

$$M_1 = V_1 \rho = \frac{1}{4} \pi R^2 \frac{\Delta \varphi}{360} n L \rho \sin \alpha, \quad (2.29)$$

де ρ – густина матеріалу рулону.

Продуктивність подрібнювача, за перший оберт рулону:

$$Q^{(1)} = \frac{M_1}{T_2}, \quad (2.30)$$

Тоді із залежності $T_2^{(1)} = \frac{2\pi}{\omega_2^{(1)}}$ визначимо продуктивність за час першого оберту рулону становить:

$$Q^{(1)} = \frac{\frac{1}{4} \pi R^2 \frac{\Delta \varphi}{360} n L \rho \omega_2 \sin \alpha}{2\pi}, \quad (2.31)$$

При i -м оберті рулону продуктивність обчислюється за формулою:

$$Q^{(i)} = \frac{\frac{1}{4} \pi R^2 \frac{\Delta \varphi}{360} n L \rho i \omega_2 \sin \alpha}{\pi}, \quad (2.32)$$

де
$$\omega_1 = \frac{1-\varepsilon}{r} v = Cv = \frac{1-\varepsilon}{r} \omega_2 r$$

Тоді продуктивність подрібнювача в кг/с визначиться:

$$Q = \frac{1}{8} R^2 n L \rho \omega_2 (1-\varepsilon) \sin \alpha, \quad (2.33)$$

де ω_2 – кутова швидкість подрібнювального робочого органу, c^{-1} ;

R – радіус робочого органу подрібнювача разом з вильотом зубчастих сегментів, м;

n – кількість сегментів на робочому органі;

L – довжина активної частини леза зубчастого подрібнювального елемента, м;

ρ – щільність матеріалу рулону, кг/м³;

α – кут нахилу зубчастого подрібнювального елемента до поверхні робочого органу;

ε – коефіцієнт проковзування рулону відносно робочого органу.

При визначенні продуктивності в т/год вираз (2.33) набуде вигляду:

$$Q = 3,6 \frac{1}{8} R^2 n L \rho \omega_2 (1-\varepsilon) \sin \alpha. \quad (2.34)$$

2.3 Визначення енергоємності подрібнювача стеблових кормів

Потужність подрібнювача кормів при подрібненні визначається виразом [70]:

$$N = N_{xx} + N_{под}. \quad (2.35)$$

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

$N_{под}$ – потужність, необхідна на подрібнення матеріалу.

Потужність холостого ходу визначається із залежності [68, 70]:

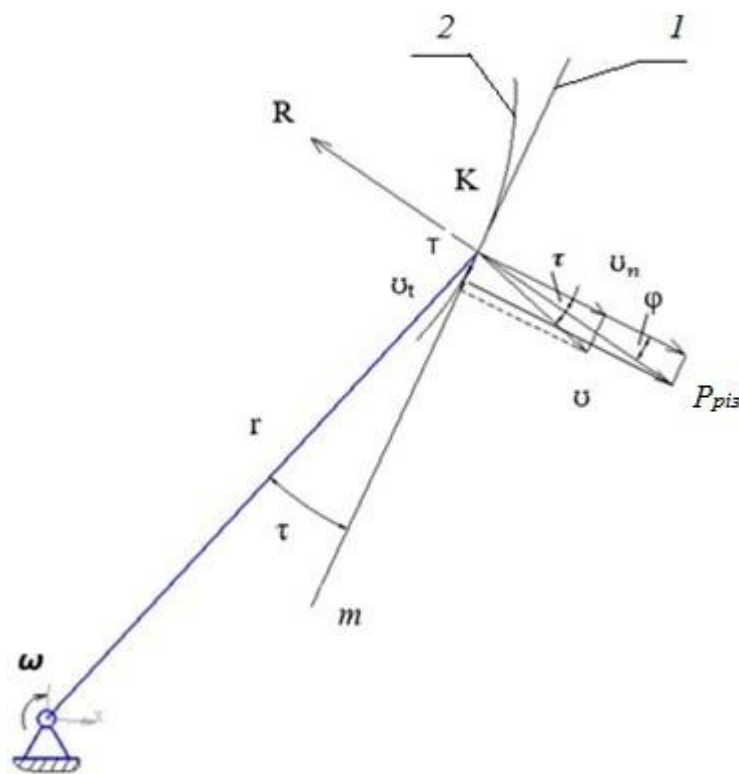
$$N_{xx} = 0,1 N_{под}. \quad (2.36)$$

Питома енергоємність процесу [59]:

$$W_{\text{мрт}} = \frac{N}{Q}. \quad (2.37)$$

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

Потужність, що витрачається на подрібнення, складається з потужності, що витрачається на подрібнення криволінійними горизонтальними зубчастими подрібнювальними елементами та зубчастими сегментами розташованими по периметру подрібнювального робочого органу [72].



1 – матеріал; 2 – криволінійне лезо ножа

Рисунок 2.6 – Схема сил, що діють на матеріал в процесі різання

Для визначення потужності розглянемо схему сил, діючих на матеріал з боку леза ножа (рис. 2.6) [72]. Довільне положення дотичної до криволінійного леза визначається поточними значеннями кута m ковзання та радіус-вектора r . Якщо рівнодіюча R сил опору різанню прикладена в точці K та відхилена від нормалі на кут ϕ , то для подолання цього опору з боку ножа повинна бути додана сила $P_{\text{різ}}$, що рівна та протилежно спрямована рівнодіючій R [50, 23, 23].

Розкладемо силу $P_{різ}$ різання на нормальну складову N (перпендикулярну до леза) та тангенціальну T (спрямована вздовж леза) і складемо рівняння моментів відносно осі обертання диска [77, 79]:

$$M_{різ} = N r \cos \tau + T r \sin \tau. \quad (2.38)$$

Враховуючи, що $T = fN$ та $N = qL$, та зробивши відповідні перетворення, остаточний вираз для моменту різання можна записати в такому вигляді:

$$M_{різ} = qLr \cos \tau (1 + f \operatorname{tg} \tau). \quad (2.39)$$

З (2.39) видно, що момент різання залежить від багатьох змінних параметрів і за час проходження ножа змінюється по складному закону. Схема руху частинки в момент проходження матеріалу через сегмент представлена на рис. 2.7. При цьому прийняте припущення, що вісь x завжди проходить через центр ваги сегмента [77, 79].

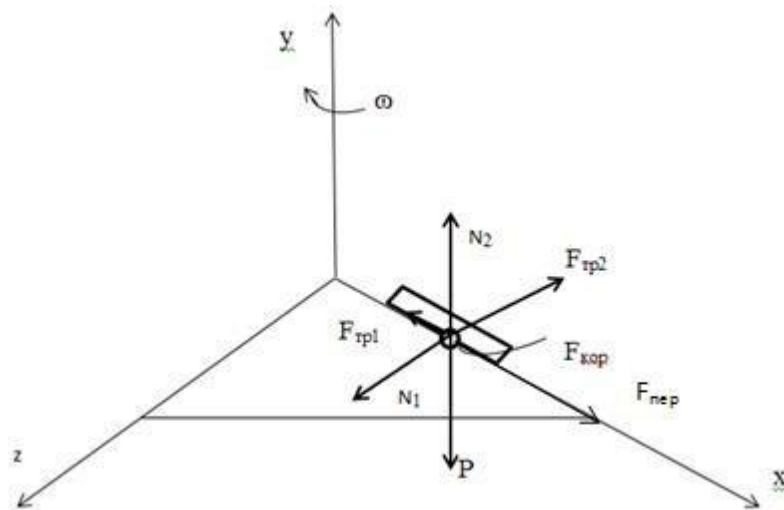


Рисунок 2.7 – Схема руху частинки в момент проходження матеріалу через сегмент

Розглядаючи рух частинки при $y = \text{const}$; $z = \text{const}$ отримаємо диференціальні рівняння [72, 78]:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F_{пер}^x - F_{тр1} = mx\omega^2 - N_1 f_{вн} \\ m\ddot{z} = F_{кор}^H - F_{тр2} + N_1 = -2m\dot{x}\omega - N_2 f_2 + N_1 \end{cases}, \quad (2.40)$$

де $F_{пер}^x = tx\omega$ – переносна сила інерції, Н;

$F_{кор}^H = -2m\dot{x}\omega$ – коріолісова сила інерції, Н;

$F_{\text{тр1}}$ – сила тертя по сусідньому сегменту, Н;

$F_{\text{тр2}}$ – сила тертя матеріалу по поверхні подрібнювального робочого органу конусного типу, Н;

$N_1 = 2m\dot{x}\omega + N_2f_2$ – нормальна реакція від взаємодії корму з сусіднім сегментом, Н;

$N_1 = P = mg$ – нормальна реакція подрібнювального робочого органу конусного типу, Н;

$f_{\text{вн}}$ – коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу;

f_2 – коефіцієнт тертя по поверхні подрібнювального робочого органу конусного типу;

m – маса матеріальної точки, кг.

Отримаємо:

$$m\ddot{x} = m\dot{x}\omega^2 - (2m\dot{x}\omega + N_2f)f_{\text{вн}}, \quad (2.41)$$

або з огляду на те, що $N_2 = P$:

$$m\ddot{x} + 2m\dot{x}\omega f_{\text{вн}} - m\dot{x}\omega^2 = f_{\text{вн}}Pf_2. \quad (2.42)$$

Після перетворень отримаємо неоднорідне диференціальне рівняння:

$$\ddot{x} + 2\dot{x}\omega f_{\text{вн}} - x\omega^2 = f_{\text{вн}}gf_2. \quad (2.43)$$

Загальний розв'язок такого рівняння $x = x_1 + x_2$, x_1 – спільний розв'язок однорідного рівняння.

Складемо характеристичне рівняння [17]:

$$\ddot{x} + 2f_{\text{вн}}\omega\dot{x} - x\omega^2 = 0. \quad (2.44)$$

При $f_{\text{вн}}^2 + 1 > 0$, розв'язок рівняння набуде вигляду:

$$x_1 = C_1 e^{-\omega(f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})t} + C_2 e^{-\omega(f_{\text{вн}} - \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})t} \quad (2.45)$$

де x_2 – частковий розв'язок рівняння (2.43) знаходимо у вигляді правої частини, тому рівняння (2.43) набуде вигляду

$$-\omega^2 A = -f_{\text{вн}}gf_2 \quad (2.46)$$

Звідси

$$A = \frac{f_{\text{вн}} g f_2}{\omega^2}.$$

Тоді загальний розв'язок матиме вигляд:

$$x_1 = C_1 e^{-\omega(f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})t} + C_2 e^{-\omega(f_{\text{вн}} - \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})t} + \frac{f_{\text{вн}} g f_2}{\omega^2}. \quad (2.47)$$

Постійні інтегрування C_1 і C_2 знаходимо з початкових умов: При $t = 0$, $x_0 = 0$.

Тоді

$$\dot{x} = -\omega(f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})C_1 e^{-\omega(f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})t} - \omega(f_{\text{вн}} - \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})C_2 e^{-\omega(f_{\text{вн}} - \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})t} + \frac{f_{\text{вн}} g f_2}{\omega^2}.$$

Звідси отримаємо:

$$\begin{cases} C_1 + C_2 + \frac{f_{\text{вн}} g f_2}{\omega^2} \\ -C_1 \omega(f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1}) - C_2 \omega(f_{\text{вн}} - \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1}) = 0 \end{cases}. \quad (2.48)$$

Вирішивши систему рівнянь отримаємо:

$$C_2 = \frac{\left(\frac{f_{\text{вн}} g f_2}{\omega^2} - x_0\right)(f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})}{2\sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1}}, \quad (2.49)$$

$$C_1 = \frac{\left(-\frac{f_{\text{вн}} g f_2}{\omega^2} + x_0\right)(-f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})}{2\sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1}}. \quad (2.50)$$

Остаточне рівняння відносного руху набуде вигляду:

$$\begin{aligned} x = & \frac{\left(-\frac{f_{\text{вн}} g f_2}{\omega^2} + x_0\right)(-f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})}{2\sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1}} e^{-\omega(f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})t} + \\ & \frac{\left(\frac{f_{\text{вн}} g f_2}{\omega^2} - x_0\right)(f_{\text{вн}} + \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})}{2\sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1}} e^{-\omega(f_{\text{вн}} - \sqrt{f_{\text{вн}}^2 + 1})t} + \frac{f_{\text{вн}} g f_2}{\omega^2}. \end{aligned} \quad (2.51)$$

Повна сила різання може бути знайдена з виразу [7, 59]:

$$P_{pB} = \frac{M_{pB}}{r} = qL \cdot \cos \tau (1 + f'tg\tau). \quad (2.52)$$

Питомої роботою $A_{\text{пит}}$ різання є робота, що витрачається на розділення одиниці площі поперечного перерізу шару стебел (площі розрізу) [7].

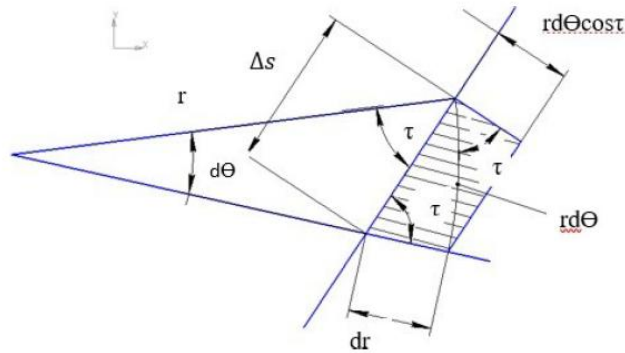


Рисунок 2.8 – Схема визначення питомої роботи $A_{\text{пит}}$

Зі схеми на рис. 2.8 видно, що $dF = \Delta s r \theta \cos \tau$. З іншого боку, нормальна складова v_n швидкості відповідає переміщенню $rdv \cos \tau$ точки K за одиницю часу, тобто $v_n = rd\theta \cos \tau / dt$. Отже, похідна $\Delta s v_n = dF / dt$.

$$N_{pB} = q(dF / dt)(1 + f'tg\tau), \quad (2.53)$$

де q – питомий тиск ножа на корм, Н/м;

dF / dt – площа розрізу за одиницю часу, м/с;

f' – коефіцієнт змінного різання;

τ – кут між напрямком руху ножа і нормаллю до ріжучої кромки, град.

Площу перерізу можна визначити знаючи швидкість проходження корму через подрібнювач та його продуктивність [2]:

$$dF = \frac{Q}{V_{np}} = \frac{Q}{\omega r}, \quad (2.54)$$

де V_{np} – швидкість проходження корму через подрібнювач, м/с.

Час розрізу визначається виходячи з частоти обертання подрібнювального робочого органу та кількості ножів на одному рівні [50]. Потужність, потрібна

на робочий процес різання [4]:

$$N_{pB} = M_{pB} \cdot \omega_2 = qLr\omega_2 \cdot \cos \tau (1 + f \operatorname{tg} \tau). \quad (2.55)$$

Враховуючи, що $r\omega_2 \cos \tau = v_n$ – нормальна складова окружної швидкості точки К:

$$\begin{aligned} N_{pB} &= qL \cdot v_n \cos \tau (1 + f \operatorname{tg} \tau); \\ N_{pB} &= q \frac{h}{\sin \tau} \cdot v_n \cdot \cos \tau (1 + f \operatorname{tg} \tau). \end{aligned} \quad (2.56)$$

З формули (2.56) маємо, що:

$$N_{pB} = q \frac{h}{\sin \tau} \cdot r\omega_2 \cdot (\cos \tau)^2 \cdot (1 + f \operatorname{tg} \tau). \quad (2.57)$$

Питомий тиск ножа на корм:

$$q = P_{pB} \cos \tau = \delta \cdot \frac{h}{\sin \tau} \cdot \delta_p \cdot \cos \tau, \quad (2.58)$$

Потужність на подрібнення становить:

$$N_{нод} = \delta \cdot \frac{h}{\sin \tau} \cdot \delta_p \cdot r \cdot \omega_2 (\cos \tau)^3 \cdot (1 + f \operatorname{tg} \tau), \quad (2.59)$$

де δ – товщина гостроти леза (20-40), мкм;

h – висота шару, що знімається, м;

δ_p – нормальне (контактне) руйнівне напруження, що виникає в шарі під час різання, Па.

Величину питомої енергоємності процесу можна визначити із залежності (2.37):

$$W_{пит} = \frac{1,1 \cdot \delta \cdot \frac{h}{\sin \tau} \cdot r \cdot \delta_p (\cos \tau)^3 \cdot (1 + f \operatorname{tg} \tau)}{3,6 \cdot \frac{1}{8} \cdot R^2 \cdot n \cdot L \cdot \sin \alpha \cdot \rho \cdot (1 - \varepsilon)}. \quad (2.60)$$

На рис. 2.9 побудована залежність питомої енергоємності від кута нахилу криволінійного ножа до поверхні подрібнювального робочого органу $\tau = \alpha = 30^\circ$ до $\alpha = 40^\circ$, $n = 3$. Раціональне значення $W_{пит}$ становить 2,5 кВт год/т отримаємо при $\tau = \alpha = 30^\circ$. При збільшенні кута нахилу криволінійного ножа до поверхні подрібнювального робочого органу енергоємність зростає до 8 кВт год/т.

Дослідження проводилися в цьому діапазоні, оскільки ці параметри відповідають зоотехнічним вимогам по довжині різання матеріалу для ВРХ.

Збільшення параметра кутової швидкості m та кількості ножів n забезпечує приріст продуктивності Q (рис. 2.10), проте кількість ріжучих елементів подрібнювача обмежується питомими енерговитратами (рис. 2.9), оскільки збільшення числа n призводить до зростання моменту опору проникнення ріжучої частини сегмента дугового профілю в об'єм матеріалу.

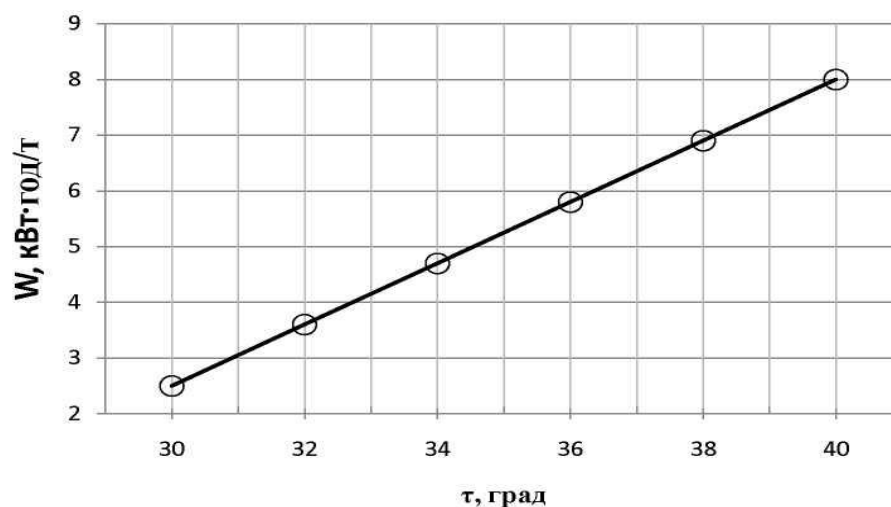


Рисунок 2.9 – Графік залежності питомої енергоємності від зміни кута нахилу криволінійного ножа до поверхні подрібнювального робочого органу

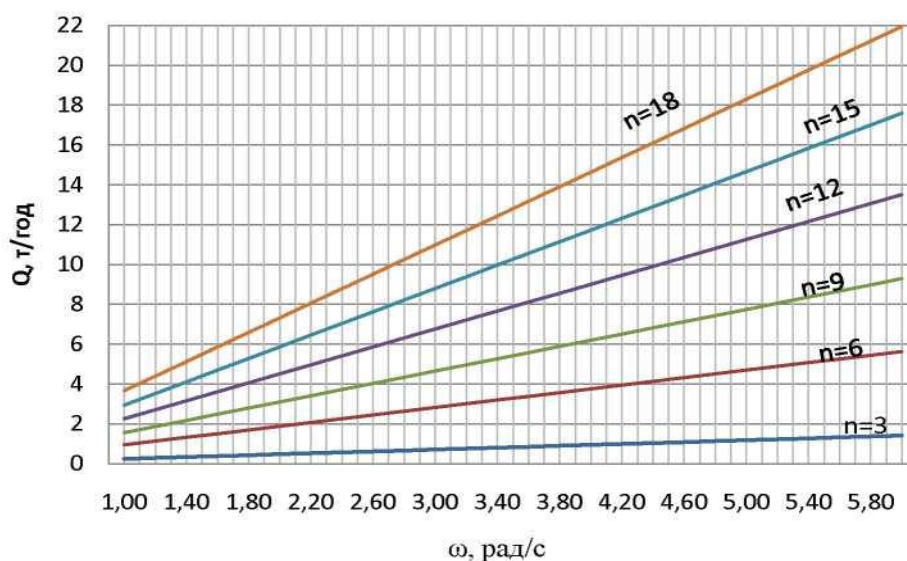


Рисунок 2.10 – Графік залежності продуктивності від зміни кутової швидкості подрібнювального робочого органу

2.4 Висновки з розділу

В ході теоретичних досліджень робочого процесу подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді були розроблені математичні моделі, що дозволили отримати числові значення конструктивно-технологічних параметрів машини: кутова швидкість робочого органу $\omega = 2,4-4,6 \text{ с}^{-1}$; кут нахилу між робочим органом та горизонтальними зубчастими сегментами $\alpha = 30^{\circ}-32^{\circ}$; кількість зубчастих сегментів $Z = 9$; кількість сегментів з дуговим профілем $n = 6$. При цьому продуктивність становить $Q = 2-3 \text{ т/год}$ при питомій енергоємності процесу – $W = 2,0-2,5 \text{ кВт год/т}$.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

3.1 Мета і завдання експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є визначення факторів, що впливають на енерговитрати подрібнювача стеблових кормів. Обґрунтування раціональних конструктивних параметрів та режимів роботи подрібнювача стеблових кормів, при яких руйнування частинок буде відбуватися з найменшою витратою енергії.

У процесі експериментальних досліджень передбачалося вирішити наступні завдання: 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 [7, 14, 17].

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 та визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів, що впливають на ефективність робочого процесу.

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

Експериментальні дослідження проводилися відповідно до низки відомих методик по визначенню фізико-механічних властивостей кормів, якісних та енергетичних показників процесів і т.д. [2, 6, 7, 17, 59].

3.2 Лабораторне обладнання та вимірювальні прилади

Для проведення експериментальних досліджень було розроблено та виготовлено [80-83] експериментальний зразок подрібнювача стеблових кормів, заготовлених в пресованому вигляді (рис. 3.1). Орієнтовна технічна характеристика подрібнювача представлена в таблиці 3.1.



а



б



в



г

а – циліндричний бункер; б – робочий орган; в – шнекова навивка бункера;
г – привод подрібнювача

Рисунок 3.1 – Розроблений подрібнювач стеблових кормів

Пропонована конструкція в порівнянні з іншими технічними рішеннями має наступні переваги: рівномірний вплив на матеріал в поздовжньо-поперечних напрямках (різання в кількох площинах); 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 та терміну служби.

Привод робочого органу машини (рис. 3.1 б), здійснюється від двигуна 4A100L2У3 [80, 81].

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика пропонованого подрібнювача

Показники	Значення
Продуктивність, т / год.	1,5-2
Розмір подрібнених частинок, мм	20-70
Споживана потужність, кВт	5,0
Місткість бункера, м ³	5
Кутова швидкість обертання робочого органу швидкість, с ⁻¹	4,8
Маса, кг	350
Габаритні розміри, мм	
довжина	570
ширина	570
висота	755

З метою вимірювання числа обертів подрібнювального робочого органу, регулювання продуктивності та зміни гранулометричного складу грубого корму заготовленого в пресованому вигляді, в електричний ланцюг приводу включений перетворювач частоти струму ELDI - 5.5 в комплекті з кліщами «Актакон АТК - 2200» (рис. 3.2 а) які використовувалися для зняття енергетичних характеристик. Перетворювач частоти використовується для регулювання швидкості двигуна за рахунок перетворення частоти змінного струму. Цей пристрій захищає обладнання від стрибків напруги, забезпечує плавний пуск і гальмування, підвищує продуктивність техніки. Перетворювач частоти дозволяв змінювати частоту обертання ротора електродвигуна в межах від 500 об / хв до 3000 об / хв. Для регулювання гранулометричного складу грубого корму при подрібненні змінювали кут атаки горизонтальних зубчастих подрібнювальних елементів в межах від 30° до 40° (рис. 3.2 б). Для визначення довжини фракційного складу подрібненого корму використовувалася лінійка. Для визначення середньозваженої кормової маси використовувалися електронні

ваги марки «KERN» (рис. 3.2 в).



а



б



в



г

а – перетворювач частоти струму ELDI - 5.5 з кліщами «Актакон АТК - 2200»; б – зміна кута атаки горизонтальних зубчастих елементів; в – ваги марки «KERN»; г – контроль зміни середньозваженої довжини фракції подрібненого продукту від 2 до 20 мм на ситовому класифікаторі

Рисунок 3.2 – Технічне забезпечення експериментальних досліджень

Контроль зміни середньозваженої фракції подрібненого продукту здійснювався шляхом розбору отриманих порцій корму понад 20 мм вручну, а фракцій від 2 до 20 мм на решітному класифікаторі з наступним зважуванням кожної фракції на вагах марки «KERN» (рис. 3.2 г).

3.3 Методика проведення багатофакторного експерименту

Аналіз літературних джерел [2, 7, 17, 59, 64] дозволили встановити, що на процес подрібнення може впливати значна кількість чинників. Для оптимізації процесу подрібнення необхідно побудувати його математичну модель, що важко здійснити теоретичним шляхом, оскільки врахувати в часі всі властивості матеріалу, що подрібнюється практично неможливо.

Суть методу екстремального експерименту полягає в тому, що він дозволяє узагальнити матеріали досліджень у вигляді математичної моделі та дати їм статистичну оцінку при значному скороченні числа дослідів в порівнянні з одно-факторним експериментом, а також визначити оптимальні умови перебігу процесу подрібнення. На підставі попереднього вивчення об'єкта дослідження були обрані критерії оптимізації та проаналізована апріорна інформація [84].

Апріорне ранжування, з урахуванням проведених раніше досліджень, дозволило виділити найбільш значущі фактори (таблиця 3.2).

В якості досліджуваного матеріалу взято сіно лугове в тюках. При цьому вологість матеріалу становила не більше 15 %. Для виокремлення істотних факторів проводився одно-факторний експеримент, який дозволяє виділити ті фактори, які найбільш суттєво впливають на значення критерію оптимізації.

Число повторності експериментів кратне трьом ($N = 3k$) та з їх допомогою можна досліджувати вплив $(3k-1)$ факторів (k - кратність матриці) [84]. 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. Результати одно-факторних експериментів дозволили вибрати рівні та інтервали варіювання факторів при проведенні планування експерименту (таблиця 3.3).

Таблиця 3.2 – Фактори, що впливають на показник неоднорідності видачі
грубих кормів, їх умовні позначення та рівні варіювання

Фактори	Позначення	Розмірність	Рівень варіювання		
			-1	0	+1
Вологість сіна, W	X1	%	13	16	19
Кількість ромбоподібних пазів на подрібнюючому робочому органі, N	X2	шт.	2	3	4
Кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнювального робочого органу, Z	X3	шт.	3	6	9
Кількість подрібнювальних двох-площинного дугового профілю сегментів, n	X4	шт.	3	6	9
Кут між подрібнювальними робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими подрібнювальними елементами, α	X5	град.	30	35	40
Кутова швидкість обертання подрібнювального робочого органу, ω	X6	c^{-1}	1,6	3,2	4,8
Виліт сегментів подрібнювального робочого диска, Δr	X7	м	0,01	0,03	0,05
Діаметр робочого диска	X8	м	45	55	65
Кількість заходів шнекової навивки приймального бункера	X9	шт.	2	3	4
Кут підйому шнекової навивки приймального бункера	X10	град.	30	35	40

Вибрані фактори відповідають вимогам: фактори керовані, тобто дозволяють встановлювати необхідне значення і підтримувати його постійним впродовж проведення досліду; для всіх факторів виконуються умови сумісності, тобто такі умови, при яких можливий 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: +1, -1 0. Потім будували план матриці експерименту у вигляді таблиці, в рядках якої записувалися дані дослідів, а в стовпчиках чинники з реалізацією всіх можливих поєднань.

Таблиця 3.3 – Фактори та рівні їх варіювання

Позначення	Фактори			
	Кутова швидкість обертання подрібнювального робочого органу, ω , с^{-1} .	Кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру робочого органу, Z	Кількість сегментів з дуговим профілем, n	Кут між робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими елементами, α , град.
	X1	X2	X3	X4
Верхній рівень (+)	1,6	9	9	40
Основний рівень (0)	3,2	6	6	35
Нижчий рівень (-)	4,8	3	3	30

3.4 Висновки до розділу

Виходячи з програми і методики експериментальних досліджень подрібнювача стеблових кормів необхідно провести факторний експеримент з метою встановлення кореляційного зв'язку між критеріями ефективності процесу подрібнення і відповідними факторами.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

4.1 Результати планованого експерименту

В експериментальних дослідженнях процесу подрібнення кормів перевірялися теоретичні передумови, а також уточнювалися або визначалися вихідні дані, необхідні для вибору раціональних: конструктивних і режимних параметрів подрібнювача стеблових кормів, заготовлених в пресованому вигляді. Аналітичні залежності, отримані в результаті теоретичних досліджень, встановлюють функціональний зв'язок між конструктивними і режимними показниками, що впливають на процес подрібнення кормів. Дані залежності дозволяють виявити якісні і кількісні сторони впливу зазначених факторів з деякими передумовами і припущеннями. Тому теоретичні висновки про значущість впливу окремих 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. В якості критеріїв оптимізації були обрані: споживана потужність; час подрібнення матеріалу; середньозважена довжина частинок.

В результаті проведених експериментів по матриці Плакета-Бермана (табл. 4.1) [84, 85] була використана програма розрахунку на ЕОМ, проведена обробка даних та отримані рівняння регресії (4.1-4.3).

Для споживаної потужності (Y_1):

$$Y_1 = -8,26028 - 0,00037X_1 + 0,7526667X_2 + 1,0124X_3 + 0,857933X_4 - \\ - 0,001X_1 + 0,0000036X_1X_3 + 0,000099X_1X_4 + 0,0185X_2X_3 - \\ - 0,0232X_2X_4 - 0,0071X_3X_4 - 0,05X_2^2 - 0,0773667X_3^2 - 0,01103X_4^2 \quad (4.1)$$

Час подрібнення матеріалу (Y_2):

$$Y_2 = 51,323167 - 0,011167X_1 + 3,432033X_2 - 5,7651X_3 - 1,7806X_4 - \\ - 0,0001X_3X_2 - 0,001X_3 - 0,00004X_1X_2 - 0,6866X_2X_3 + 0,0778X_2X_4 + \quad (4.2)$$

$$+ 0,0559X_3X_4 + 0,00000063X_1^2 - 0,2463X_2^2 + 0,5349X_3^2 + \\ + 0,018766667X_4^2$$

Середньозважена довжина частинок (Y_2):

$$Y_3 = 25,83167 - 0,00647X_1 - 1,115967X_2 - 2,3392X_3 - 1,224367X_4 - \\ - 0,0004X_1X_2 - 0,0006X_1X_3 + 0,000013X_1X_4 + 0,0895X_2X_3 - \\ - 0,0056X_2X_4 + 0,013X_3X_4 + 0,0000023X_1^2 + 0,0616X_2^2 + \\ + 0,1638X_3^2 + 0,01767X_4^2 \quad (4.3)$$

Таблиця 4.1 – Матриця Плакета-Бермана

№	Фактори				Критерії оптимізації			
	ω	Z	n	α	N, кВт		Час обробки T, с	Ступінь подрібнення, L _{ср} , см
					Холостий хід	Під навантаженням		
1	+	-	-	-	0,7	1,5	15	12
2	-	+	-	-	0,8	1,3	30	7,8
3	-	-	+	-	0,8	1,4	35	9
4	+	+	+	-	0,69	1,42	6	4,8
5	+	-	-	+	2,8	3,8	15	14
6	-	+	-	+	0,75	1,29	29	7,7
7	-	-	+	+	0,81	1,33	32	8,2
8	+	+	+	+	0,69	1,45	8	6,0
9	0	0	0	0	0,66	2,07	20	6,1
10	0	+	-	+	0,66	2,01	19	6,0
11	-	0	-	-	0,8	1,41	29	7,8
12	+	0	+	+	3,6	4,8	6	6,1
13	-	+	-	0	0,8	1,3	32	7,9
14	-	0	+	+	0,8	1,6	33	8,2
15	0	+	+	-	0,66	2,02	20	5,4
16	+	-	+	0	2,94	3,8	7	7,4
17	+	-	0	+	2,97	4,0	9	7,5
18	0	-	+	-	0,66	2,05	20	6,0

Адекватність моделей підтверджується з ймовірністю $R_d = 0,965$ при коефіцієнтах кореляції $R_1 = 0,94203$ і $R_2 = 0,98269$ [85].

Переходячи від кодованих значень факторів (X_1, X_2, X_3, X_4) до натуральних (ω, Z, n, α) отримані залежності показників споживаної потужності

привода машини (N, кВт), часу подрібнення матеріалу (T, с) і середньозваженої довжини частинок (L_{cp} , мм) від основних факторів (4.4)-(4.6).

Для споживаної потужності (N):

$$N = 2,571283 + 0,582433\omega + 0,061233 Z + 0,798067 n + 0,753\alpha - \\ - 0,0002 \omega Z + 0,0001 \omega n - 0,0001 Z\alpha - 0,0001 n\alpha - 0,0055 \omega^2 - \\ - 0,0006 Z^2 - 0,0077667n^2 - 0,0073 \alpha^2 \quad (4.4)$$

Час подрібнення матеріалу (T):

$$T = 18,43992 - 11,41393\omega + 1,47030 Z - 5,33787n - 1,92323\alpha - 0,0001Z - \\ - 0,0008 \omega n + 0,0000475 \omega\alpha - 0,0017 Zn - 0,00007 Z\alpha + 0,0009 n\alpha + \\ + 0,1089 \omega^2 - 0,0139 Z^2 + 0,0521667 n^2 + 0,0184667 \alpha^2 \quad (4.5)$$

Середньозважена довжина частинок (L_{cp}):

$$L_{cp} = 5,633467 - 1,953067 \omega - 1,8963 Z - 2,908 n - 0,2482 \alpha - \\ - 0,0003 \omega Z - 0,0005\omega + n + 0,00003 \omega\alpha + 0,0002 Z n - 0,00007 Z\alpha + \\ + 0,0000068 n\alpha + 0,0191\omega^2 + 0,018 Z^2 + 0,0283 n^2 + 0,00247 \alpha^2 \quad (4.6)$$

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

4.2 Аналіз результатів досліджень

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

В результаті пошукових досліджень було отримано масив даних та побудовано графічні залежності (рис. 4.1, рис. 4.2) середньозваженої довжини частинок L_{cp} , питомої енергоємності W і продуктивності Q машини при варіюванні кутової швидкості робочого органу в діапазоні $\omega = 0,5-5,2 \text{ с}^{-1}$ та кількості сегментів з дуговим профілем $n = 2-9$.

Аналізуючи графік експериментальних залежностей середньозваженої довжини частинок подрібненого корму L_{cp} (рис. 4.1) від кутової швидкості обертання подрібнювального органу можна побачити, що при низькій кутовій

швидкості $\omega = 1,6 \text{ c}^{-1}$ подрібнювального робочого органу розмір часток складає від 80 мм і вище, що обумовлено силами опору тертя, інерційністю робочого органу.

У міру збільшення кутової швидкості, механічна енергія передається стеблам без подрібнення кормів. Під дією відцентрових сил, корм потрапляє на подрібнювальні двох-площинні сегменти дугового профілю та зубчасті сегменти, розташовані по периметру подрібнювального робочого органу, на ріжучих кромках яких відбувається подрібнення. При кутовій швидкості обертання $\omega = 3,14 \text{ c}^{-1}$ і вище, середньозважена довжина частинок становить $L_{\text{cp}} = 45 \text{ мм}$, що відповідає зоотехнічним вимогам.

Згідно вимог при подрібненні соломи і сіна розмір часток повинен бути в межах $L_{\text{cp}} = 20\text{-}70 \text{ мм}$ (для великої рогатої худоби).

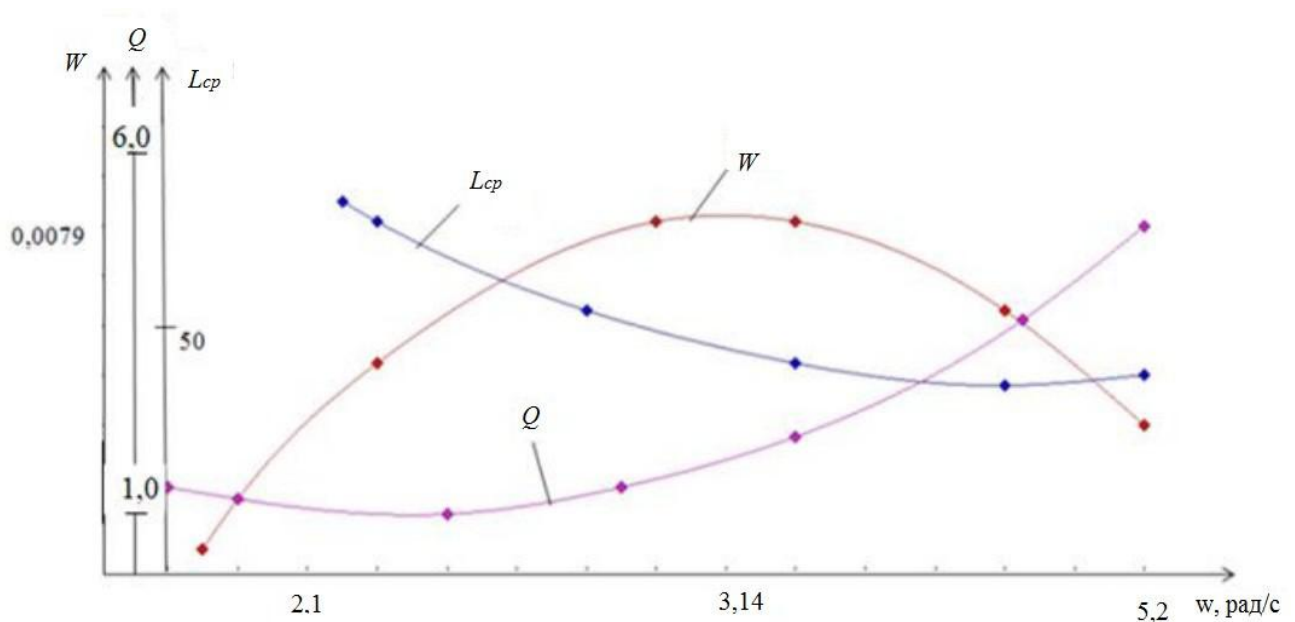


Рисунок 4.1 – Графік експериментальних залежностей середньозваженої довжини частинок L_{cp} , питомої енергоємності W , продуктивності Q від кутової швидкості обертання подрібнювального робочого органу ω .

Аналіз залежності продуктивності Q показав, що при кутовій швидкості робочого органу $\omega =$ від 2,1 до 5,2 c^{-1} , продуктивність машини збільшується від

1,1 до 6 т/год. та вище. За рахунок механічної енергії, а також створюваного додатково повітряного потоку, ефекту всмоктування та відцентрових сил подрібнення корму відбувається швидше, ніж на низькій частоті робочого органу.

Графік експериментальної залежності питомої енергоємності W показує, що максимальні витрати питомої енергоємності $W = 0,0079$ кВт год/кг (7,9 кВт год/т) знаходяться при кутовій швидкості робочого органу рівній $\omega = 3,14$ с⁻¹. У початковий момент часу, витрати енергії мінімальні та становлять $W = 0,005$ кВт год/кг (5 кВт год/т), а потім стрімко зростають.

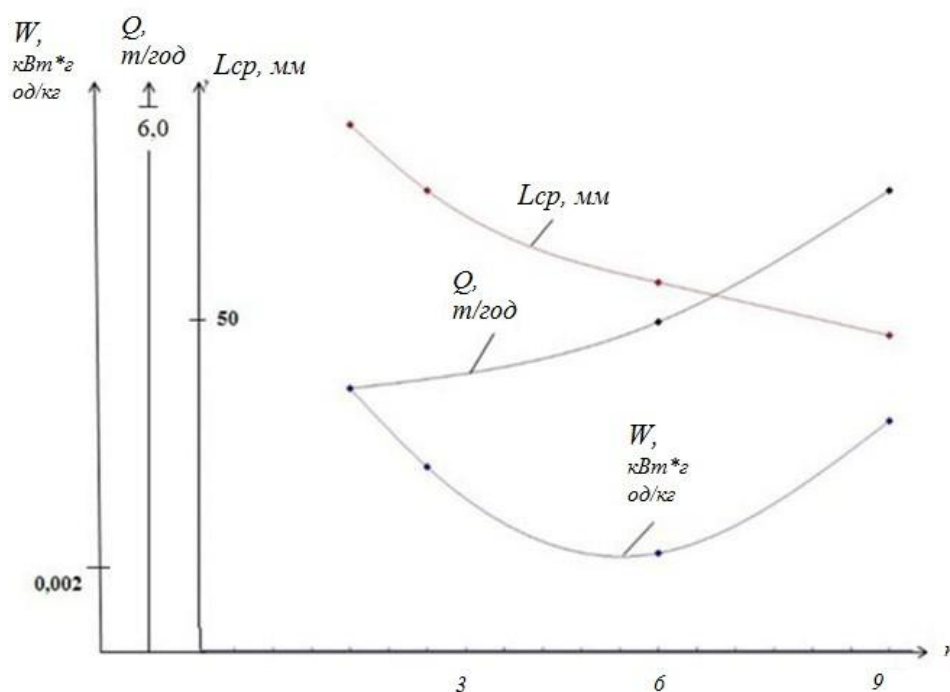


Рисунок 4.2 – Графік експериментальних залежностей середньозваженої довжини частинок L_{cp} , питомої енергоємності W , продуктивності Q від кількості сегментів з дуговим профілем, n .

Аналізуючи графік експериментальних залежностей продуктивності Q , можна відзначити, що при кількості сегментів із дуговим профілем $n = 6$ (рис. 3.4) значення $Q = 1,1$ т/год., при цьому аналіз залежності середньозваженої довжини частинок L_{cp} показав, що $L_{cp} = 50$ також при $n = 6$, а залежність питомої

енергоємності при $n = 6$ показує мінімальне значення $W_{уд} = 0,002$ кВт год/кг (2 кВт год/т), що узгоджується з попередніми графічними, залежностями.

Збіжність результатів по продуктивності (рис. 4.3) та питомій енергоємності (рис. 4.4) подрібнювача, отриманих експериментальним та теоретичним шляхом визначалася згідно критерію Фішера та не перевищує 7 %.

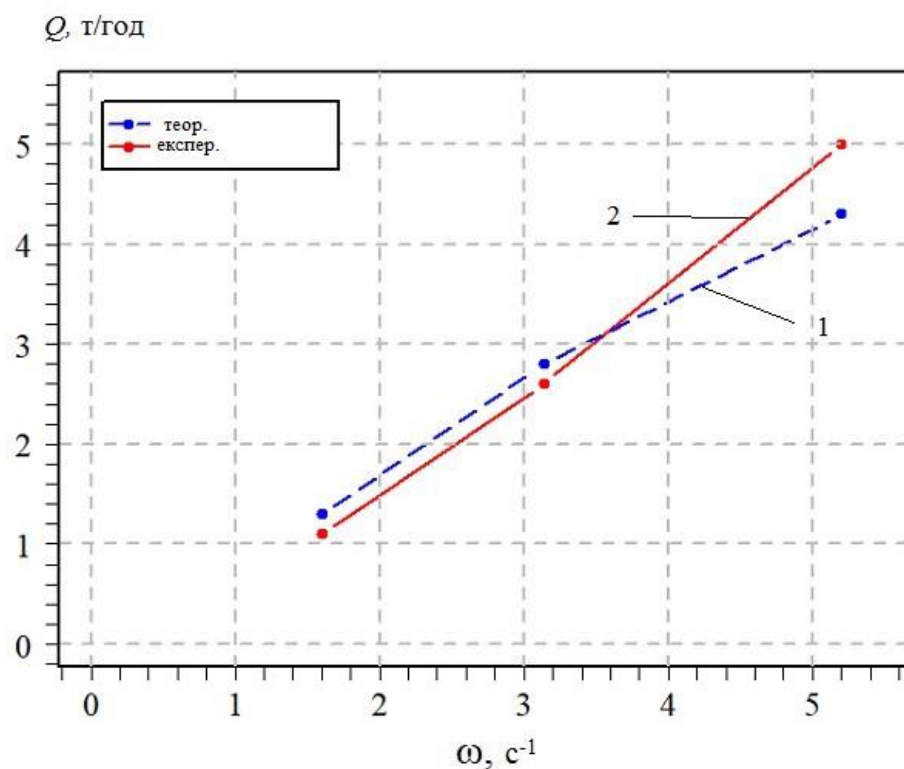


Рисунок 4.3 – Порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень продуктивності подрібнювача 2 від зміни кутової швидкості робочого органу ω : 1 – теоретичні дослідження; 2 – експериментальні дослідження

Для визначення найбільш оптимального варіанта комбінування конструктивно-технологічних параметрів, що впливають на ефективність реалізації процесу подрібнення грубих стеблових кормів, були побудовані поверхні відгуків Y_1 , Y_2 і Y_3 та їх перетини. Для цього вихідні рівняння регресії зводили до рівнянь з двома факторами, залишаючи решту на постійних рівнях.

W , кВт·год/т

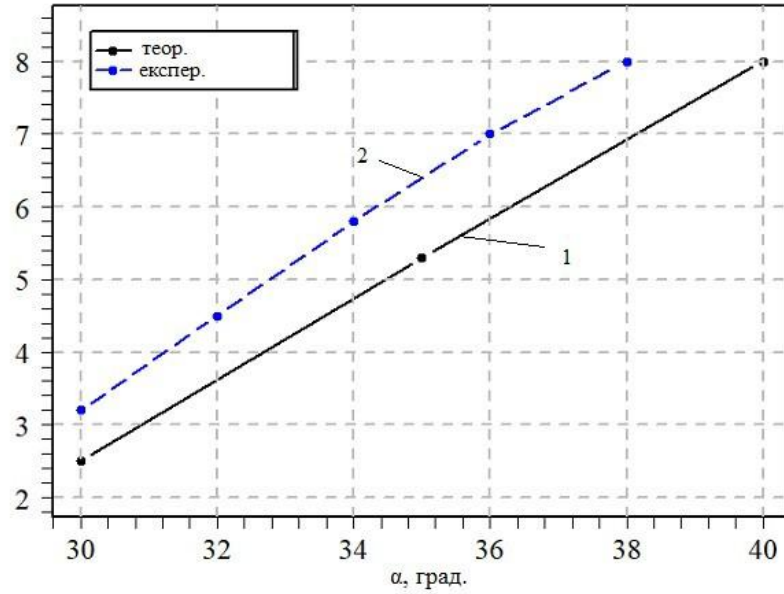


Рисунок 4.4 – Порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень питомої енергоємності процесу від зміни кута нахилу ножів α : 1 – теоретичні дослідження; 2 – експериментальні дослідження.

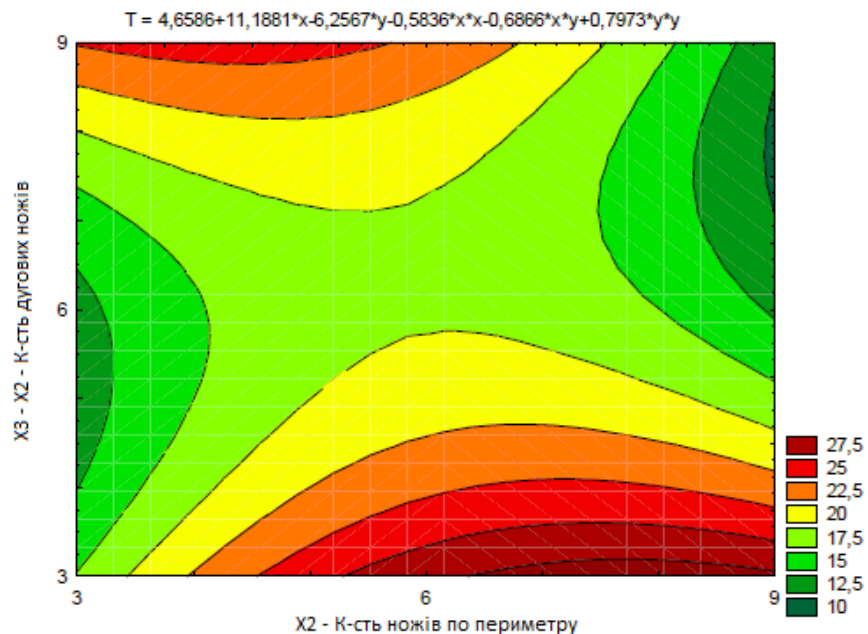


Рисунок 4.5 – Перетин поверхні відгуку часу обробки матеріалу масою 10 кг при $X_1 = +1$ ($\omega = 4,8 \text{ c}^{-1}$) і $X_4 = +1$ ($\alpha = 40^\circ$)

Аналіз перетину площини, представленої на рис. 4.5, показує, що час подрібнення матеріалу масою 10 кг варіюється в межах від 10 до 28 секунд. При кількості зубчастих сегментів, розташованих по периметру робочого органу $Z = 9$, час подрібнення $T = 10$ с, що є оптимальним показником, тоді необхідна кількість сегментів дугового профілю $n = 8$.

Аналіз перетину поверхні на рис. 4.6 показує, що при оптимальному часу подрібнення $T = 10$ с, 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 робочого органу $Z = 9$, що підтверджується аналізом попередньої залежності.

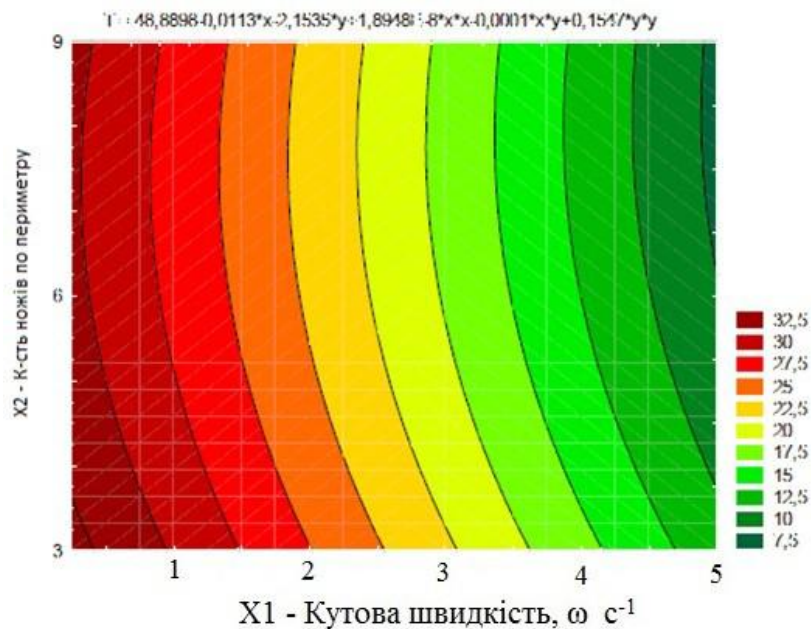


Рисунок 4.6 – Перетин поверхні відгуку часу обробки матеріалу масою 10 кг при $X_3 = +1$ ($n = 9$) і $X_4 = -1$ ($a = 30^0$)

Аналізуючи перетин поверхні представленої на рис. 4.7 можна зробити висновок, що для забезпечення оптимального значення часу подрібнення $T = 10$ с, кутова швидкість робочого органу має знаходитися в межах $\omega =$ від 4,6 до 4,8 с^{-1} при кількості сегментів з дуговим профілем $n = 8$.

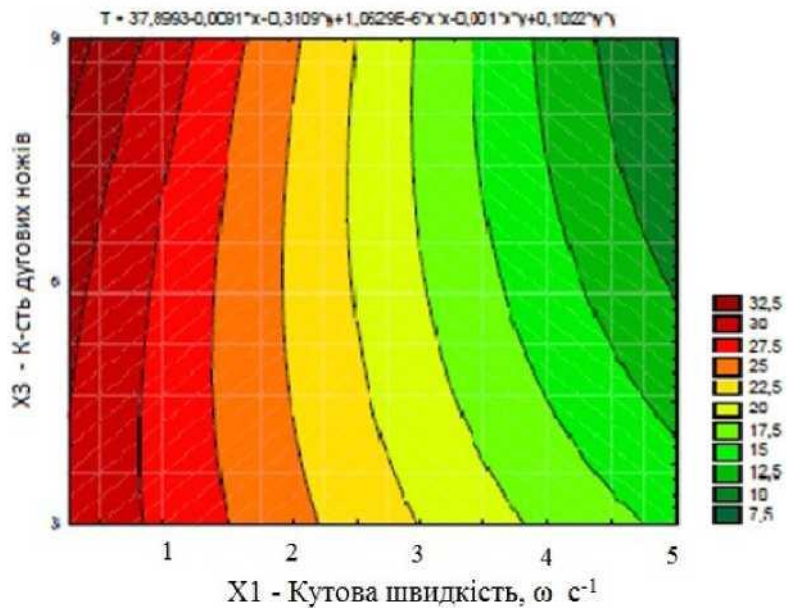


Рисунок 4.7 – Перетин поверхні відгуку часу обробки матеріалу масою 10 кг при $X_2 = -1$ ($Z = 3$) і $X_4 = 0$ ($\alpha = 35^\circ$)

В результаті аналізу перетину поверхні представленої на рис. 4.8 та виходячи з вище представлених досліджень було встановлено, що для досягнення оптимальних значень часу подрібнення від $T = 10$ с, кутова швидкість робочого органу повинна мати значення $\omega =$ від $4,6$ s^{-1} , при цьому кут між робочим органом конусного типу та горизонтальними зубчастими елементами має становити $\alpha = 36^\circ$.

Аналіз перетину поверхні (рис. 4.9) показує, що при кількості зубчастих сегментів, розташованих по периметру робочого органу $Z = 8 - 9$ (що відповідає вище представленим залежностям) та значеннях кута $\alpha = 37^\circ \dots 39^\circ$ час подрібнення матеріалу буде становити $T = 21 - 22$ с.

З рис. 4.10 видно, що при значенні кута $\alpha = 37^\circ \dots 39^\circ$ та числом сегментів з дуговим профілем $n = 7 - 9$, час подрібнення матеріалу буде становити $T = 15.19$ с.

Аналіз перетину поверхні представленої на рис. 4.11 дозволив встановити, що для забезпечення середньозваженої довжини частинок подрібненого корму $L_{cp} = 54 \dots 60$ мм (відповідно до зоотехнічних вимог), кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру робочого органу та сегментів дугового

профілю має становити відповідно $Z = 7 - 9$ та $n = 7 - 9$.

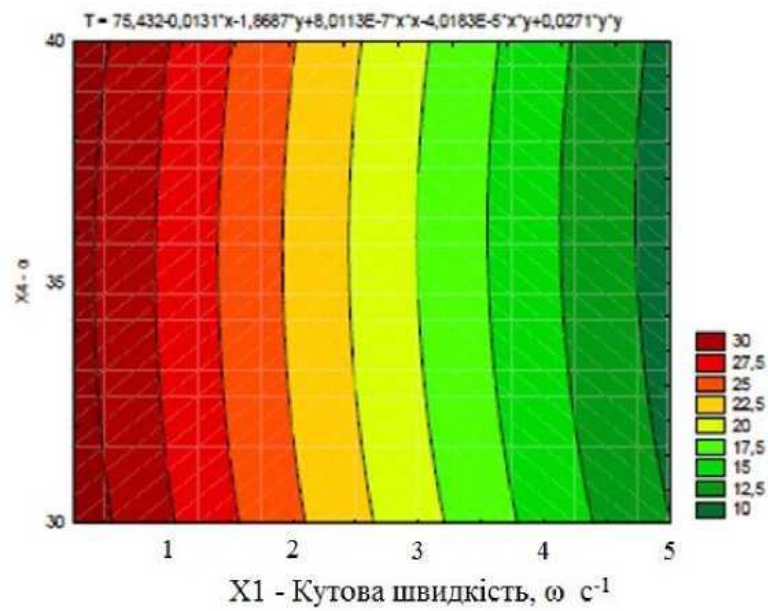


Рисунок 4.8 – Перетин поверхні відгуку часу обробки матеріалу масою 10 кг при $X_2 = -1$ ($Z = 3$) і $X_3 = -1$ ($n = 3$)

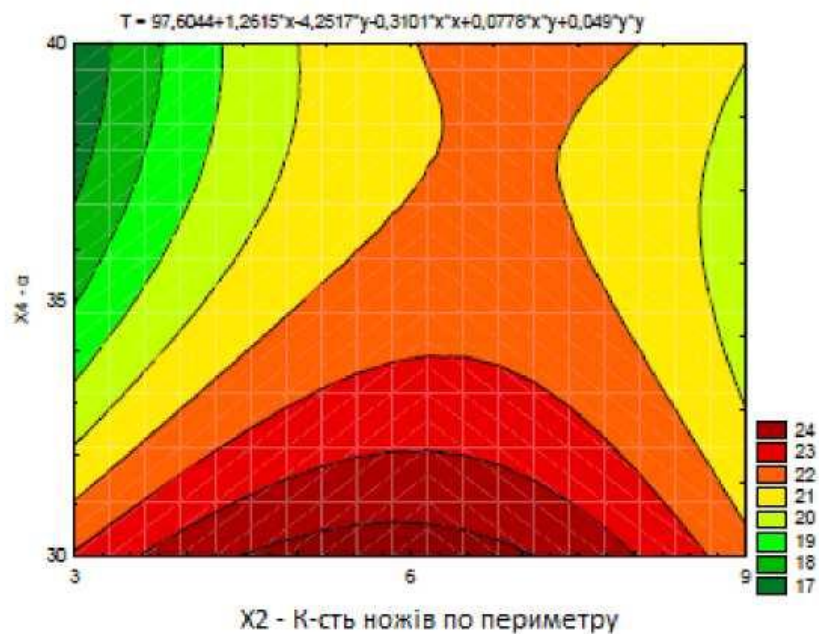


Рисунок 4.9 – Перетин поверхні відгуку часу обробки матеріалу масою 10 кг при $X_1 = 0$ ($\omega = 3,2 \text{ c}^{-1}$) і $X_3 = -1$ ($n = 3$)

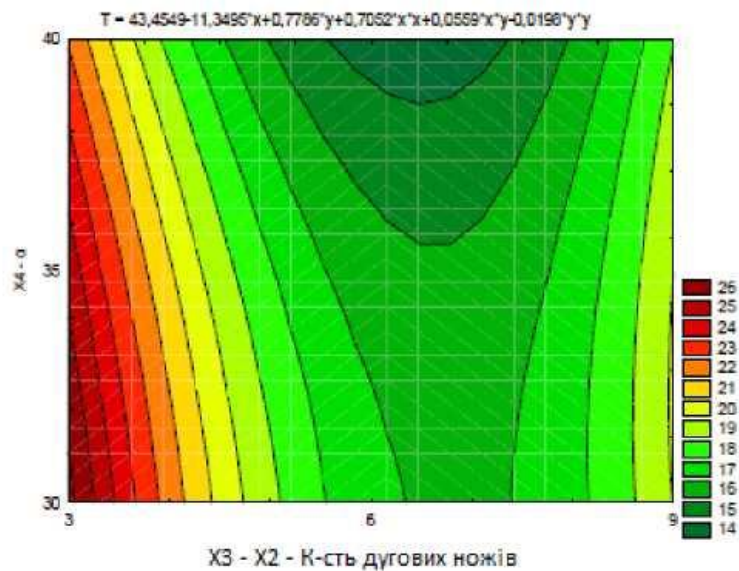


Рисунок 4.10 – Перетин поверхні відгуку часу обробки матеріалу масою 10 кг при $i X_1 = + 1$ ($\omega = 1,6 \text{ c}^{-1}$) і $X_2 = 0$ ($n = 6$)

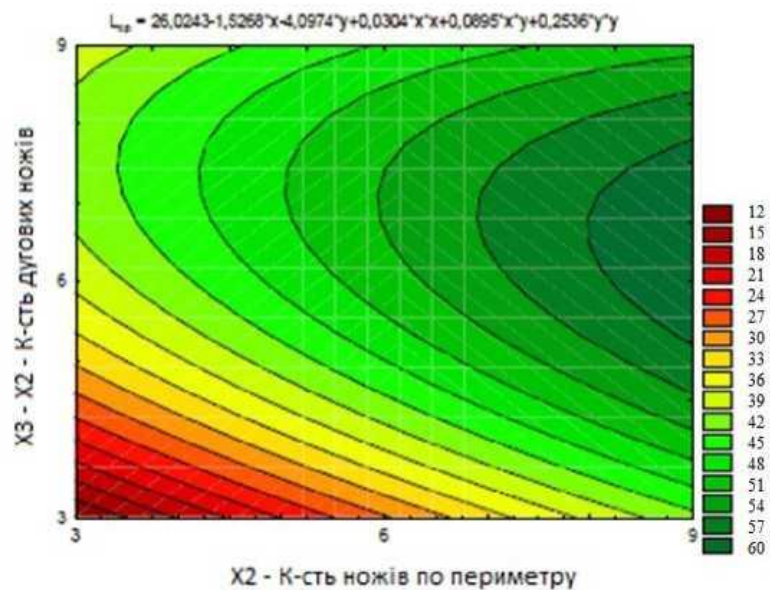


Рисунок 4.11 – Перетин поверхні відгуку середньозваженої довжини частинок подрібненого корму при $X_1 = 0$ ($\omega = 3,2 \text{ c}^{-1}$) і $X_4 = -1$ ($\alpha = 30^0$)

Аналіз перетину поверхні (рис. 4.12) показує, що для забезпечення середньозваженої довжини частинок $L_{cp} = 54...60$ мм, кутова швидкість робочого органу має знаходитись в межах $\omega =$ від $3,2...4,6 \text{ c}^{-1}$, при кількості зубчастих

сегментів, розташованих по периметру $Z = 7 - 9$, що підтверджується аналізом попередньої залежності.

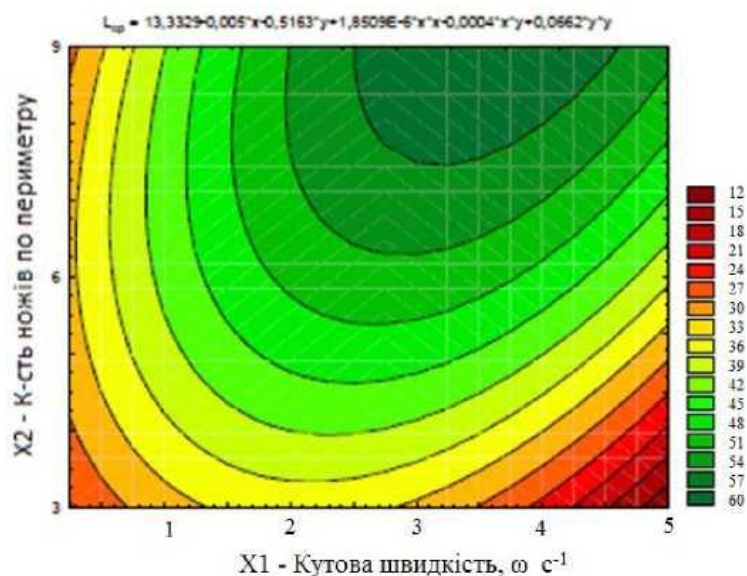


Рисунок 4.12 – Перетин поверхні відгуку середньозваженої довжини частинок подрібненого корму при $X_3 = 0$ ($n = 6$) та $X_4 = 0$ ($\alpha = 35^\circ$)

Аналізуючи перетин поверхні представлений на рис. 4.13 можна побачити, що оптимальні значення середньозваженої довжині частинок ($L_{cp} = 60 \dots 53$ мм) будуть отримані при кутовій швидкості робочого органу в межах $\omega =$ від $3,2,3,89 \text{ c}^{-1}$ та кількості дугових ножів $n = 8-9$.

Використовуючи перетин поверхні (рис. 4.14) можна встановити, що середньозважена довжина частинок подрібненого корму, яка відповідає зоотехнічним вимогам для ВРХ ($L_{cp} = 60 \dots 52$ мм) буде забезпечена при кутовій швидкості робочого органу $\omega = 2,6.3,1 \text{ c}^{-1}$ та значенні кута $\alpha = 35 \dots 36^\circ$.

Аналіз перетину поверхні (рис. 4.15) показує, що при кількості зубчастих сегментів, розташованих по периметру $Z = 7-9$ та значенню кута $\alpha = 34^\circ \dots 35^\circ$ середньозважена довжина частинок буде становити $L_{cp} = 60 \dots 57$ мм, що відповідає зоотехнічним вимогам для ВРХ.

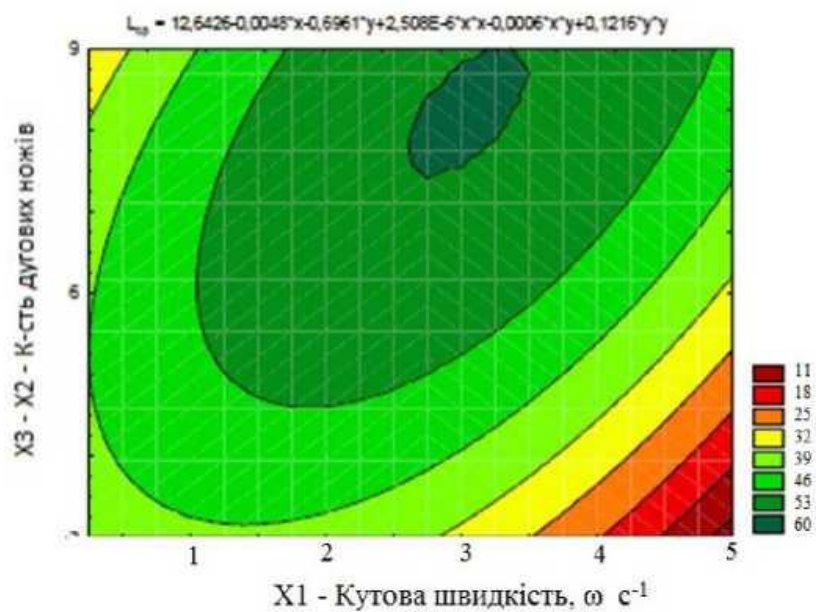


Рисунок 4.13 – Перетин поверхні відгуку середньозваженої довжини частинок подрібненого корму при $X_2 = -1$ ($Z = 3$) і $X_4 = -1$ ($\alpha = 30^\circ$)

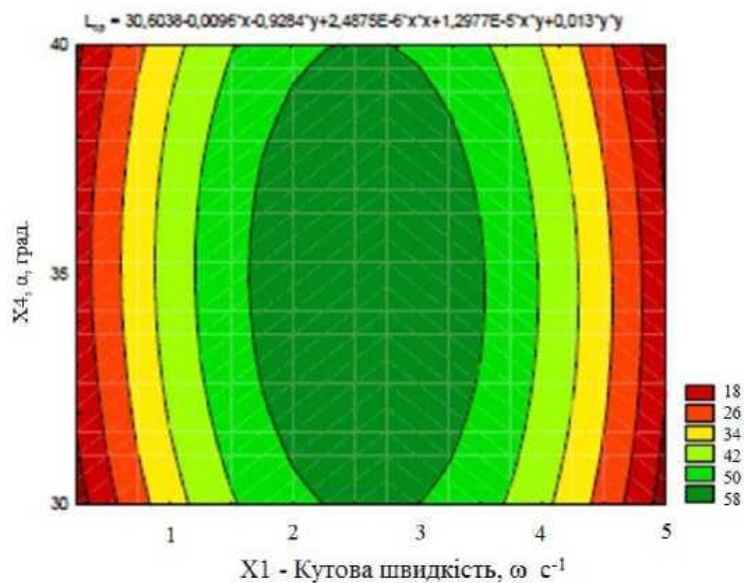


Рисунок 4.14 – Перетин поверхні відгуку середньозваженої довжини частинок подрібненого корму при $X_2 = +1$ ($Z = 9$) і $X_3 = -1$ ($n = 3$)

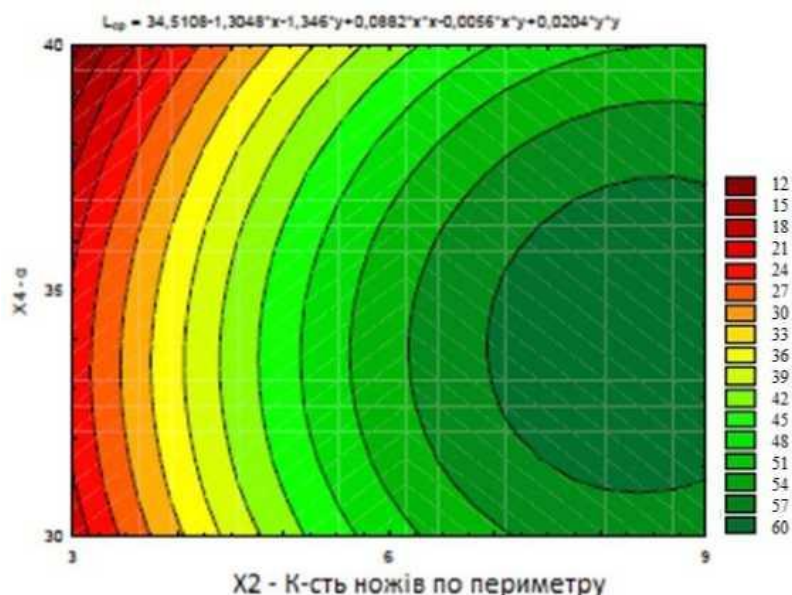


Рисунок 4.15 – Перетин поверхні відгуку середньозваженої довжини частинок подрібненого корму при $X_1 = +1$ ($\omega = 1,6, \text{c}^{-1}$) і $X_3 = -1$ ($n = 3$)

Завершальним етапом експериментальних досліджень є визначення оптимальних значень конструктивно-технологічних параметрів при яких досягається найкращий техніко-економічний результат процесу.

В результаті компромісної оптимізації з'явилися незалежні змінні які мають наступні значення: кутова швидкість робочого органу $\omega = 4,6 \text{ c}^{-1}$; кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру робочого органу $Z = 9$; кількість сегментів із дуговим профілем $n = 9$; кут між робочим органом конусного типу та горизонтальними зубчастими елементами $\alpha = 30^0$.

Остаточні значення параметрів оптимізації, що характеризують ефективність реалізації процесу подрібнення становлять: час подрібнення 10 кг матеріалу $T = 18 \text{ с}$, споживані енерговитрати на привід машини (робота під навантаженням) - 3,48 кВт, середньозважена довжина частинок – $L_{cp} = 60 \text{ мм}$, що повністю задовольняє зоотехнічні вимоги до грубих кормів для ВРХ. При цьому продуктивність розробленої машини – $Q=2000 \text{ кг/год}$, питома енергоємність процесу – $W=1,77 \text{ кВт тод/т}$.

4.3 Висновки до розділу

За результатами експериментальних досліджень обґрунтовано раціональні конструктивно-технологічні параметри машини: $\omega = 4,6 \text{ c}^{-1}$, $Z = 9$, $n = 9$, $\alpha = 30^0$ та отримано компромісні значення якісних та енергетичних параметрів процесу, зокрема, час обробки 10 кг матеріалу $T = 18 \text{ c}$, споживані енерговитрати на привод машини $N=3,48 \text{ кВт}$, розмір частинок грубих кормів $L_{\text{cp}} = 60 \text{ мм}$. При цьому продуктивність подрібнювача становить $P=2000 \text{ кг/год}$ при питомій енергоємності процесу $W=1,77 \text{ кВт год/т}$. Розбіжність між результатами теоретичних та експериментальних досліджень складає 13,5 %, що підтверджує адекватність отриманих математичних моделей та їх придатність для оцінки перебігу процесу подрібнення грубих стеблових кормів розробленою машиною.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Загальні відомості про охорону праці в господарстві

Дія нормативно-правового акту з охорони праці (далі – НПАОП), Правила охорони праці у тваринництві. Свинарство (далі – Правила) поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю (далі – підприємства), що займаються вирощуванням свиней та виробництвом продукції свинарства.

Правила встановлюють вимоги безпеки праці до організації й виконання технологічних процесів з обслуговування свиней та виробництва продукції свинарства.

Правила є обов'язковими для роботодавців, усіх працівників підприємств, тимчасово залучених працівників з інших підприємств для виконання робіт, студентів під час проходження виробничої практики (далі – працівники).

Згідно із Законом України "Про охорону праці" роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Безпека процесів, пов'язаних з вирощуванням свиней, виробництвом та первинною обробкою продукції свинарства, повинна відповідати вимогам державних стандартів, технологічної та експлуатаційної документації, інструкцій з безпеки технологічних процесів та Правил.

5.2 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори на виробництві

Під час виконання робіт на свинарських підприємствах на працівників можлива дія небезпечних та шкідливих факторів згідно з державним стандартом

"Опасные и вредные производственные факторы" із змінами в 1978 році (ГОСТ12.0.003-74, СТ СЭВ 790-77):

- фізичні:

машини й механізми, що рухаються (трактори, автомобілі, мобільні кормороздавачі, причепи тощо); рухомі частини виробничого обладнання (зубчасті, пасові, ланцюгові передачі, карданні вали, з'єднувальні муфти, неогороджені робочі органи транспортерів, дробарок і т. ін.); підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони (у тваринницьких приміщеннях загазованість відпрацьованими газами під час роздавання кормів кормороздавачем, запиленість при роздаванні сухих кормів - комбікормів, трав'яного борошна); підвищена або знижена температура поверхні обладнання й матеріалів; підвищена або знижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці (під час подрібнення кормів та роздаванні їх мобільними кормороздавачами); підвищений рівень вібрації; підвищена чи знижена вологість повітря; підвищена чи знижена рухомість повітря; підвищена напруга в електричному ланцюгу, замикання якого може пройти через тіло людини; підвищена напруга електричного поля; підвищений рівень статичної електрики; відсутність або нестача природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони; знижена контрастність; прямий і відбитий блискіт; підвищений рівень ультрафіолетової радіації; підвищений рівень інфрачервоної радіації; гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях інструменту та обладнання; розміщення робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги).

- хімічні: токсичні і подразливі (лікарські і мінеральні домішки до кормів, дезінфікувальні та мийні засоби тощо); сенсibiliзувальні; такі, що впливають на

репродуктивну функцію (пестициди, агрохімікати, гази розкладу органічних речовин, відпрацьовані гази);

- біологічні: патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, найпростіші) та продукти їх життєдіяльності; макроорганізми (тварини, рослини, люди й продукти їхньої життєдіяльності, а також культури кліток і тканин).

- психофізіологічні: фізичні перевантаження (операції з догляду за тваринами, які виконуються вручну); нервово-психічні перевантаження (емоційні перевантаження під час перегонів тварин, випасання, транспортування).

З метою зменшення забруднення навколишнього середовища слід передбачати:

- організацію правильного оброблення, зберігання і використання гною;
- впровадження способів очищення повітря підприємств за допомогою встановлення спеціальних фільтрів і припливно-витяжної вентиляції;
- виконання відповідних профілактичних заходів у санітарно-захисних зонах підприємств; планомірну боротьбу з хворобами тварин, переносниками інфекційних захворювань, паразитуючими комахами;
- оборотні цикли використання стоків стічних вод;

При розміщенні свинарських підприємств слід враховувати вимоги з охорони навколишнього середовища від забруднень виробничими викидами та стоками (гноєм та гноївкою, стоками від прибирання приміщень та ін.).

5.3 Режим праці та відпочинку

Тривалість робочого часу працівників на свинарських підприємствах не повинна перевищувати тривалості, встановленої Кодексом законів про працю України.

Час початку й закінчення роботи (зміни), початок і закінчення перерви для відпочинку встановлюється Правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства.

Графік змінності затверджується роботодавцем за погодженням із профспілкою або уповноваженою найманими працівниками особою. На роботах, де це необхідно внаслідок особливого характеру праці (догляд за молодняком, приготування кормів та ін.), робочий день у порядку, передбаченому законодавством, може бути розділений на частини таким чином, щоб загальна тривалість робочого часу не перевищувала встановленої тривалості робочого тижня.

Допуск працівників до роботи в нічний час повинен відповідати вимогам Кодексу законів про працю України. Нічним вважається час з 22 до 6 години ранку. Працівникам, які працюють у холодну пору року на відкритому повітрі або у закритих не опалюваних приміщеннях, повинні надаватися спеціальні перерви для обігріву та відпочинку, які зараховуються до робочого часу.

Кількість і тривалість перерв встановлюється роботодавцем за погодженням із профспілкою або з уповноваженою найманими працівниками особою.

Під час виконання роботи із шкідливими умовами праці (вміст у повітрі робочої зони шкідливих газів або пилу в кількості, що перевищує гранично допустимі концентрації) повинні надаватися перерви для відпочинку із зняттям засобів індивідуального захисту органів дихання в місцях, вільних від дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

5.4 Вимоги безпеки при приготуванні кормів

5.4.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Робота на подрібнювачах грубих та соковитих кормів

1. Надіньте спецодяг.

2. Включіть освітлення і вентиляцію. Огляньте робоче місце. Перевірте наявність, справність і міцність перехідних містків, площадок, сходів і поручнів.
3. Звільніть проходи, підходи до рубильників, вимикачів від сторонніх предметів, сировини і відходів.
4. При змінній роботі прийміть робоче місце від змінника. Упевніться в справності машин, інструменту, обладнання.
5. Перевірте надійність кріплення машин, обладнання, захисних кожухів і огорож, заземлення, приводних частин (пасів, ланцюгів, шківів, валів, шестерінок, муфт), кришок, затворів, а також запірної арматури.
6. Впевніться у відсутності сторонніх предметів на подавальних транспортерах, в бункерах.
7. Перевірте наявність і комплектність засобів пожежогасіння, аптечки першої допомоги, справність засобів сигналізації.
8. Інструмент і пристрої розмістіть так, щоб було зручно використовувати їх.
9. Підготуйте необхідну кількість маси, яка підлягає подрібненню.
10. Для прибирання подрібненої маси від січкарни користуйтеся тільки дерев'яним інвентарем, застосовувати металеві вила, лопати тощо не дозволяється.
11. Під час запуску силосорізки спочатку включіть транспортер на зворотній хід, щоб викинути предмети, які випадково потрапили на нього.
12. Запустіть машину на холостому ході, впевніться у відсутності сторонніх шумів, вібрації, нагріву підшипників, підтікання мастила з корпусів підшипників, прослідкуйте за роботою натяжних ланцюгів, перевірте роботу контрольних і сигнальних пристроїв.
13. Перевірте правильність заточування ножів барабана, їх кріплення і відрегулюйте необхідний зазор між протирізальною пластиною і ножами барабана.

14. Після ретельної перевірки усіх механізмів і випробовування, а також усунення несправностей, що виявлені під час випробовування, можете приступати до роботи.

Обслуговування машин і обладнання для приготування кормів

1. Надіньте спецодяг.
2. Включіть освітлення і вентиляцію. Огляньте робоче місце. Перевірте наявність, справність і міцність перехідних містків, площадок, сходів і поручнів.
3. Звільніть проходи від сторонніх предметів, сировини і відходів.
4. Під час подрібнювання і перемелювання кормів перевірте кріплення ножів, молотків і протиріжучих пластин, справність і надійність кріплення кришки подрібнювальної камери, наявність захисних огорожень на передачах.
5. Під час огляду, змащування, заміни решіт, підтягання гайок, очищення магнітних сепараторів тощо машину зупиніть і відключіть від електромережі.
6. Не захаращуйте проходи навколо коренерізки, коренебульбомийки та інших машин коренебульбоплодами та іншими сторонніми предметами.
7. Перед роботою всі кормоприготувальні машини спочатку перевірте на холостому ходу.
8. Перед включенням двигуна машини перевірте вручну робочі органи машини і переконайтеся, що всередині закритих кожухів відсутні сторонні предмети.
9. Машини з реверсивними пристроями для пуску транспортерів спочатку включіть на зворотний хід, з тим щоб скинути сторонні предмети, які випадково потрапили на транспортер, а потім переключіть на робочий хід.
10. Перед пуском в роботу кормоприготувальних і кормоперероблювальних машин переконайтеся в їх комплектності, справності, міцності кріплення болтових з'єднань; наявності захисних і огорожувальних кожухів на зубових, ланцюгових, шарнірних і пасових передачах, на виступаючих кінцях обертаючих валів, з'єднувальних муфтах.
11. на холостому ходу машини переконайтеся у відсутності вібрації рами, сторонніх шумів і стукоту.

12. Переконайтеся, щоб корпуси електродвигунів, пускових приладів, машин і обладнання, які можуть потрапити під напругу, були заземлені (занулені).

5.4.2 Вимоги безпеки під час виконання роботи

Робота на подрібнювачах грубих та соковитих кормів

1. На тваринницьких фермах і комплексах використовуються подрібнювачі грубих і соковитих кормів ИГК-30Б і РСС-6Б, “Волгарь 5А”, ИЗМ-5, ИКС-5М, КДУ-2,0. Обслуговування слід проводити відповідно до вимог інструкцій заводів-виготовлювачів.

2. Не проштовхуйте руками або будь-якими предметами перероблюваний корм під пресувальний барабан або горловину приймального бункера працюючої машини.

3. Під час роботи подрібнювачів не знаходьтеся напроти викидання маси, тому що в неї може потрапити металевий предмет (частіше всього болт, гайка) і нанести травму.

4. Під час подрібнення соковитих кормів з викиданням їх через бокову горловину подрібнювальної камери не знаходьтеся в площині обертання ротора.

5. Не подавайте корм руками під пресувальний барабан, не відкривайте кришку подрібнювальної камери, не оглядайте і не прочищайте магнітне загородження і горловину приймального бункера.

6. Під час роботи коренебульбоподрібнювачів не опускайте руки в приймальний бункер, не очищайте руками або будь-якими предметами вихідні отвори для подрібненого продукту і стічний отвір для викидання гязі. Не стійте напроти викидного вікна, навіть коли машина працює вхолосту.

7. Не допускайте подрібнення соломи, трави, коренебульбоплодів та інших продуктів, якщо вони не очищені від металевих та інших сторонніх домішок.

8. Запустіть подрібнювач на холостому ході і впевніться у відсутності сторонніх шумів, вібрації, тертя і нагрівання підшипників, а також

працездатності контрольних і сигнальних пристроїв. Після виходу двигуна на номінальні оберти (визначається на слух, по тахометру або амперметру в залежності від конструкції машини) повільно відкрийте засувку на живильному бункері, включіть дозатор або постачальний транспортер, забезпечуючи рівномірність подання продукту, який буде подрібнюватись.

9. Продукти, які зависають в бункерах працюючих машин та застрягли в приймальних горловинах, звільніть за допомогою проштовхувача довжиною не менше 1 м, виготовленого із дерева або пластмаси, що легко зруйнується у разі захоплення.

10. В процесі роботи слідкуйте за справністю і ефективністю роботи технологічного обладнання, аспіраційних і вентиляційних систем, ущільнювачів, електрообладнання, засобів контролю і сигналізації.

11. Очищення робочих органів подрібнювачів грубих і соковитих кормів від завалів технологічним матеріалом або сторонніми предметами проводьте після повної зупинки машин за допомогою спеціальних пристроїв (скребків, чистиків, щіток).

5.5 Висновки з розділу

Наведені загальні відомості про охорону праці на підприємстві, шкідливі та небезпечні фактори при роботі, вимоги техніки безпеки при виконанні робіт на лінії приготування кормів.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

6.1 Розрахунок економічної ефективності

Для оцінки економічної ефективності впровадження подрібнювача стеблових кормів порівнюємо витрати на експлуатацію запропонованої машини (ПСК-2,0) та найбільш ближчого по технічних параметрах прототипу (ІРР-1М), що прийнятий за базовий варіант. Основні характеристики порівнюваних варіантів представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристики порівнюваних варіантів

№	Показник	Розмірність	Значення	
			ІРР-1 У (базовий варіант)	ПСК-2,0 (новий варіант)
1	Продуктивність	т/год	3,0	2,0
2	Розмір подрібнених частинок	мм	40-100	20-75
3	Максимальна споживана потужність	кВт	30	5,0
4	Кутова швидкість робочого органу	с ⁻¹	157	4,8
5	Маса	кг	1450	350
6	Габаритні розміри:			
	- довжина;	мм	2220	570
	- ширина;		2150	570
	- висота.		2130	755
7	Вартість	тис. грн.	185	45

Визначимо приведені витрати по базовому і новому варіанту:

$$ПВ_i = EB_i + E_n \cdot K_i, \quad (6.1)$$

де EB_i – експлуатаційні витрати за рік, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт $E_n = 0,15$;

K_i – капітальні вкладення за варіантами, грн.

Річні експлуатаційні витрати порівнюваних варіантів – EB_i , визначимо за

виразом:

$$EB_i = BA + PP + BE + \Phi Z, \quad (6.2)$$

де BA – відрахування на амортизацію обладнання, грн.;

PP – поточний ремонт обладнання, грн.;

BE – витрати на електроенергію, грн.;

ΦZ – витрати на оплату праці, грн.

Амортизаційні відрахування (грн/рік) визначаються за формулою:

$$BA = (B \cdot a_a) / 100, \quad (6.3)$$

де B – балансова вартість обладнання, грн.;

a_a – річна норма амортизаційних відрахувань (12 % від балансової вартості).

Тоді:

$$BA^b = (185000 \cdot 12) / 100 = 22200 \text{ грн.};$$

$$BA^h = (45000 \cdot 12) / 100 = 5400 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт (грн. / рік) та реновацію за базовим і новим варіантами:

$$PP = (B \cdot a_p) / 100, \quad (6.4)$$

$$PP^b = (185000 \cdot 13) / 100 = 24050 \text{ грн.};$$

$$PP^h = (45000 \cdot 13) / 100 = 5850 \text{ грн.}$$

де a_p – відрахування на ремонт (13 % від балансової вартості).

Затрати на оплату праці:

$$\Phi Z = L_i t r_i k_d n_i, \quad (6.5)$$

де L_i – кількість працівників i -ї категорії виробничого персоналу, чол. (для базового варіанту будемо вважати $L_i = 1$);

t – тривалість зайнятості i -го виробничого персоналу, год.;

r_i – погодинна тарифна ставка оплати праці на i -му виді робіт, грн.;

k_d – коефіцієнт, що враховує доплати до погодинної ставки;

n_i – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату.

Річний наробіток машини при подрібненні грубих стеблових кормів

$$B_p = H_p \cdot Q = T_u \cdot k_s \cdot n_{\text{роб}} \cdot Q, \quad (6.6)$$

де H_p – річна кількість годин циклового часу роботи машини;

T_u – цикловий час, год.;

Q – продуктивність машини, кг/год.;

k_s – кількість змін;

$n_{\text{роб}}$ – кількість робочих днів протягом року.

Загальний час роботи однієї технологічної машини на протязі однієї зміни можна розділити на цикловий та позацикловий час. Цикловий час є структурна складова експлуатаційного часу роботи обладнання, яка характеризує основну технологічну дію на продукцію.

Позацикловий час необхідний для підготовки основного циклу обробки та включає в себе час на підготовку обладнання до експлуатації, робочого місця до та після змінного часу, тобто час на реалізацію підготовочно- заключних операцій, час простоїв через несправності або регульовальні роботи t_{np} , час відновлення працездатності обслуговуючого персоналу або фізіологічний час i_{ϕ} .

$$T_u = T_{\text{ц}} + T_{\text{н.ц.}}, \quad (6.7)$$

$$T_{\text{н.ц.}} = t_{\text{пз}} + t_{\text{пр}} + t_{\phi}. \quad (6.8)$$

де T_u – цикловий час, год.;

$T_{\text{н.ц.}}$ – позацикловий час, год.

Приймаємо $t_{\text{пз}} = 10$ хв., $t_{\text{пр}} = 20$ хв., $t_{\phi} = 30$ хв. [50].

Час зміни:

$$T_{\text{н.ц.}} = 10 + 20 + 60 = 1,0 \text{ год.}; \quad (6.9)$$

$$T_{\text{ц}} = T_u - T_{\text{н.ц.}} = 8 - 1,0 = 7,0 \text{ год.}$$

Визначимо річну продуктивність базової конструкції машини при режимі роботи в одну повну зміну:

$$B_p^{\text{б}} = 7 \cdot 1 \cdot 250 \cdot 3000 = 5250000 \text{ кг / рік.}$$

Річна кількість годин циклового часу роботи для базового варіанта:

$$H_p^E = T_u \cdot k_s \cdot n_{\text{год}} = 7 \cdot 1 \cdot 250 = 1750 \text{ год.}$$

Для забезпечення ефективного функціонування галузі новий варіант обладнання для подрібнення повинен протягом року виконувати об'єм роботи не менший ніж базова машина. Тобто має виконуватися умова:

$$B_p^H \geq B_p^E. \quad (6.10)$$

Тоді загальний річний фонд робочого часу для нового варіанту:

$$H_p^H = \frac{B_p^E}{Q^H} = \frac{5250000}{2000} = 2625 \text{ год.} \quad (6.11)$$

Враховуючи, що продуктивність нового варіанту менша порівняно з базовим, визначимо необхідну річну тривалість циклового часу роботи машини розробленого обладнання:

$$3\Phi_p^H = \frac{H_p^H \cdot T_{\text{зм}}}{T_u} = \frac{2625 \cdot 8}{7} = 3000 \text{ год.} \quad (6.12)$$

Враховуючи, що при 40-годинному робочому тижні норма робочого часу на 2019 рік становить $\eta = 1993$ год [88] визначимо потрібну кількість змін роботи нового варіанту подрібнювача:

$$k_s^H = \frac{3\Phi_p^H}{1993} = \frac{3000}{1993} = 1,5 \text{ зм.} \quad (6.13)$$

Отже для подрібнення розробленою машиною протягом року такого ж самого об'єму грубих стеблових кормів, як і базовою, потрібно 2 працівники та режим роботи в 1,5 зміни.

Знайдемо витрати на оплату праці для нового та базового варіантів:

$$\Phi Z^E = 1 \cdot 1993 \cdot 25,13 \cdot 1 \cdot 1 = 50084 \text{ грн.};$$

$$\Phi Z^H = 1 \cdot 1993 \cdot 25,13 \cdot 1 \cdot 1 +$$

$$1 \cdot (3000 - 1993) \cdot 25,13 \cdot 1 \cdot 1 = 50084 + 25306 = 75390 \text{ грн.}$$

Річні витрати на споживання електроенергії BE машиною для подрібнення можна визначити із залежності:

$$BE = N_c \cdot H_p \cdot C_e, \quad (6.14)$$

де N – споживані енерговитрати, кВт;

C_e – ціна електроенергії, грн. [90].

Тоді орієнтовні витрати на споживання електроенергії за умови роботи обладнання у максимально завантаженому режимі (без врахування ККД електричних споживачів подрібнювача):

$$BE^s = N_c^s \cdot H_p^s \cdot C_e = 30 \cdot 1750 \cdot 2,53 = 132825 \text{ грн};$$

$$BE^h = N_c^h \cdot H_p^h \cdot C_e = 5,0 \cdot 2625 \cdot 2,53 = 33206 \text{ грн}.$$

Річні експлуатаційні витрати порівнюваних варіантів:

$$EB^s = 22200 + 24050 + 50084 + 132825 = 229159 \text{ грн};$$

$$EB^h = 5400 + 5850 + 75390 + 33206 = 119846 \text{ грн}.$$

Приведені витрати:

$$PB^s = 229159 + 0,15 \cdot 185000 = 256909 \text{ грн};$$

$$PB^h = 119846 + 0,15 \cdot 45000 = 126596 \text{ грн}.$$

Річний економічний ефект від зменшення приведених витрат можна знайти:

$$E = PB^s - PB^h = 256909 - 126596 = 130313 \text{ грн}. \quad (6.15)$$

Коефіцієнт економічної ефективності одного нового варіанта подрібнювача складає:

$$E_p = \frac{E}{PB^h} = \frac{130313}{126596} = 1,03, \quad (6.16)$$

тобто на одну затрачену гривню припадає 1,03 грн. прибутку.

Термін окупності при впровадженні одного подрібнювача грубих стеблових кормів (ПСК-2,0) становить:

$$T = \frac{PB^h}{E} = \frac{126596}{130313} = 0,97 \text{ року}.$$

Питомі експлуатаційні витрати, грн./т:

$$q_s = \frac{EB}{B_p}$$

$$q_s^s = \frac{229159}{5250} = 43,65 \text{ грн / т}, \quad (6.17)$$

$$q_s^h = \frac{119846}{5250} = 22,83 \text{ грн / т}.$$

Заощадження коштів при підготовці грубих стеблових кормів для ВРХ запропонованою конструкцією подрібнювача:

$$\Delta q_s = q_s^h - q_s^s = 43,65 - 22,83 = 20,82 \text{ грн./т.} \quad (6.18)$$

Результати розрахунку економічної ефективності впровадження подрібнювача грубих стеблових кормів наведені в табл. 4.2.

Таблиця 6.2 – Економічна ефективність впровадження

Показники	Розмірність	Базовий (ІРР-1 У)	Новий (ІСК-2,0)
Річні експлуатаційні витрати, EB	грн.	229 159	119 846
Питомі експлуатаційні витрати, q _B	грн./т	43,65	22,83
Заощадження коштів, Δq _B	грн./т	-	20,82
Приведені витрати, ПВ	грн./рік	256 909	126 596
Річний економічний ефект, E	грн./рік	-	130313
Коефіцієнт економічної ефективності, E _p	-	-	1,03
Термін окупності, T	Роки	-	0,97

Отже, впровадження розробленої конструкції подрібнювача грубих кормів для годівлі ВРХ є економічно обґрунтованим та рентабельним.

6.2 Висновки з розділу

Впровадження результатів досліджень дасть змогу заощадити кошти при підготовці грубих кормів до згодовування ВРХ на рівні до 20,82 грн./т та отримати річний економічний ефект у розмірі 130313 грн./рік на одну машину при терміні окупності капітальних вкладень до 0,97 року.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу техніко-технологічного забезпечення процесу подрібнення грубих кормів була розроблена класифікація грубих стеблових кормів, що дозволило розробити структурно-технологічну схему обладнання для реалізації цього процесу.

2. В ході теоретичних досліджень робочого процесу подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді були розроблені математичні моделі, що дозволили отримати числові значення конструктивно-технологічних параметрів машини: кутова швидкість робочого органу $\omega = 2,4-4,6 \text{ с}^{-1}$; кут нахилу між робочим органом та горизонтальними зубчастими сегментами $\alpha = 30^{\circ}-32^{\circ}$; кількість зубчастих сегментів $Z = 9$; кількість сегментів з дуговим профілем $n = 6$. При цьому продуктивність становить $Q = 2-3 \text{ т/год}$ при питомій енергоємності процесу – $W = 2,0-2,5 \text{ кВт год/т}$.

3. Виходячи з програми і методики експериментальних досліджень подрібнювача стеблових кормів необхідно провести факторний експеримент з метою встановлення кореляційного зв'язку між критеріями ефективності процесу подрібнення і відповідними факторами.

4. За результатами експериментальних досліджень обґрунтовано раціональні конструктивно-технологічні параметри машини: $\omega = 4,6 \text{ с}^{-1}$, $Z = 9$, $n = 9$, $\alpha = 30^{\circ}$ та отримано компромісні значення якісних та енергетичних параметрів процесу, зокрема, час обробки 10 кг матеріалу $T = 18 \text{ с}$, споживані енерговитрати на привод машини $N=3,48 \text{ кВт}$, розмір частинок грубих кормів $L_{cp} = 60 \text{ мм}$. При цьому продуктивність подрібнювача становить $P=2000 \text{ кг/год}$ при питомій енергоємності процесу $W=1,77 \text{ кВт год/т}$. Розбіжність між результатами теоретичних та експериментальних досліджень складає 13,5 %, що підтверджує адекватність отриманих математичних моделей та їх придатність для оцінки перебігу процесу подрібнення грубих стеблових кормів розробленою машиною.

5. Наведені загальні відомості про охорону праці на підприємстві, шкідливі та небезпечні фактори при роботі, вимоги техніки безпеки при

виконанні робіт на лінії приготування кормів.

6. Впровадження результатів досліджень дасть змогу заощадити кошти при підготовці грубих кормів до згодовування ВРХ на рівні до 20,82 грн./т та отримати річний економічний ефект у розмірі 130313 грн./рік на одну машину при терміні окупності капітальних вкладень до 0,97 року.

Список використаної літератури

1. Калетнік Г.М. Енергоощадні технології кормів - основа конкурентоздатності тваринництва: Монографія / Г.М. Калетнік, М.Ф. Кулик, Я.Т Глушко та інші - Вінниця: Теза. 2006. - 340 с.
2. Косолапов, Е.В. Совершенствование и повышение эффективности технологического процесса приготовления и раздачи грубых кормов на фермах крупного рогатого скота / П.Н. Солонщиков, Е.В. Косолапов // Вестник НГИЭИ.- 2018.- №5(84).- С.54-66.
3. Фролов, В.Ю. Совершенствование технологий и технических средств приготовления и раздачи грубых кормов из рулонов / В.Ю. Фролов, Д.П. Сысоев, М.И.Туманова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. -№ 99, -С.234-243.
4. Frolov V.Yu. Improvement of the livestock production efficiency / V.Yu. Frolov, D.P. Sysoev, M.I. Tumanova // British Journal of Innovation in Science and Technology. - 2016. - Т. 1. № 1. - P. 25-34.
5. Балагура О.В. Деякі результати досліджень внесення сухих консервантів при пресуванні вологих трав / Балагура О.В. Гунько І.В., Грицун А.В. // Техніка, енергетика, транспорт АПК. - 2017. - №4 (99) - С. 12-18.
6. Деркач В.В. Обґрунтування технології та режимних параметрів ресурсозберігаючого процесу підбирання сіна: дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.11 / Деркач Віталій Васильович. - Вінниця: ВНАУ, 2016. - 192 с.
7. Холодюк О.В. Обґрунтування параметрів бітерно-ножового апарата для подрібнення трав'яної маси: дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.11 / Холодюк Олександр Володимирович. - Вінниця: ВНАУ, 2016. - 185 с.
8. Гвоздев О.В. Системний підхід у підвищенні ефективності використання технічних засобів комбикормового виробництва / О.В. Гвоздев., А.В. Спирін // Збірник наукових праць ВНАУ Серія: Технічні науки. - 2015. - №1(89). - С.43-47.
9. Туманова, М.И. Совершенствование средств по приготовлению и раздаче кормов рулонной заготовки / М.И. Туманова, М.Д. Гаврилов // Эффективное

животноводство. - 2015. - № 10 (119). - С.20-21.

10. Фролов, В.Ю. Повышение эффективности технологического процесса приготовления и раздачи грубых кормов, сформированных в рулоны [Текст] / В.Ю. Фролов, М.И. Туманова // Труды КубГАУ. - 2013. - № 3 (42). - С. 190-194.

11. Кондратюк Д.Г. Комплексні експериментальні дослідження виготовлення кормової суміші для тваринництва / Д.Г. Кондратюк, В.П. Дмитренко // Збірник наукових праць ЛНТУ. Перспективні технології та прилади. - 2016. - № 9 (2). - С. 237-244.

12. Komaha U.P. Analysis of technologies of sowing and sowing / U.P., Komaha, S.A. Burlaka, I. M. Kupchuk, R.O. Yatskovska // Сільське господарство та лісництво. - 2018. - №11. - С. 123-131.

13. Гаврилов, М.Д. Раздатчик-измельчитель рулонной заготовки/ Гаврилов М.Д., Туманова М.И., Сысоев Д.П., Фролов В.Ю. // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. Ответственный за выпуск: А.Г. Кощаев. 2016. с. 330-331.

14. Грицун А.В. Деякі результати досліджень мобільного подрібнювача-роздавача стеблових кормів А.В. Грицун, І.А. Бабин, О.А. Грицун // Техніка, енергетика, транспорт АПК. - 2015. - №3 (92). - С. 17-20

15. Фролов, В.Ю. К вопросу приготовления и раздачи грубых кормов рулонной заготовки / В.Ю. Фролов, М.И. Туманова // Труды КубГАУ. - 2013. №2. - С.179-182.

16. Фролов, В.Ю. Раздатчик-измельчитель кормов рулонной заготовки [Текст] / В.Ю. Фролов, М.И. Туманова // Сельский механизатор. - 2015. - №3. С. 12-24

17. Туманова М.І. Параметри измельчителя стебельных кормов с дисковым рабочим органом для малых ферм КРС: дис. ... кандидата техн. наук : 05.20.01 / Туманова Марина Ивановна. - Краснодар: КГАУ, 2018. - 179 с.

18. Ковбаса В. П. Механіка сільськогосподарських матеріалів та середовищ : навч. посібник / В. П. Ковбаса, В. М. Швайко, О. П. Гуцол [за ред.

проф. Ковбаси В. П.] - Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2015. - 536 с.

19. Ковбаса В.П. О взаимодействии деформируемой лентозажимного транспортера со стеблем / В.П. Ковбаса, А.В. Спирин, О.В. Цуркан // Сільськогосподарські машини: Зб.наук.ст. - Вип. 37. - 2017. - С. 38- 47

20. Измельчитель соломы стационарный ИСС-180 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://bobruiskagromach.com/catalog/appliances for cooking and feeding/ shredders rolls/](http://bobruiskagromach.com/catalog/appliances_for_cooking_and_feeding/shredders_rolls/) (дата звернення - 10.05.2019).

21. Измельчитель стационарный ИРР-1М [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://www.agrobase.ru/catalog/category/ machinerycategory 544](https://www.agrobase.ru/catalog/category/machinerycategory_544) (дата звернення - 10.05.2019).

22. Измельчитель ИРК-145 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://uaz-upi.com/ru/товарный-каталог/silgosptekhnika/ mashini dlya zagotivli kormiv/izmelchitel-rulonov-korma-irk-145](http://uaz-upi.com/ru/товарный-каталог/silgosptekhnika/mashini_dlya_zagotivli_kormiv/izmelchitel-rulonov-korma-irk-145) (дата звернення - 10.05.2019).

23. Пат. на корисну модель № 126072 України, МПК А01К 5/00 Підвісний кормороздавач-змішувач / В.М. Яропуд, Ю.І. Журенко - власник Вінницький національний аграрний університет № u201711060 - заявл. 13.11.2017; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

24. Пат. на корисну модель № 127356 України, МПК А01К 5/00 Підвісний кормороздавач / В.М. Яропуд, Р.В. Будяк - власник Вінницький національний аграрний університет № u201802211 - заявл. 03.03.2018; опубл. 25.07.2018, Бюл. № 14.

25. Измельчитель рулонов ИР-1,8 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery 0f5615f3-1846- 4655-ba1f-a95fbb08b1e9](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_0f5615f3-1846-4655-ba1f-a95fbb08b1e9) (дата звернення - 10.05.2019).

26. Измельчитель РИК-88 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.shymkar.kz/goods/105408658-izmelchitel kormov rotorny rik 88](http://www.shymkar.kz/goods/105408658-izmelchitel_kormov_rotorny_rik_88) (дата звернення - 10.05.2019).

27. Измельчитель ИСН-1,8 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery 42908de5-3939-4a63- 8902-67576f5a9ef1](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_42908de5-3939-4a63-8902-67576f5a9ef1) (дата звернення - 10.05.2019).

28. Патент на корисну модель України № 114575, МПК А01F 29/00, В02С 19/00; Подрібнювач грубих кормів / Журенко Юрій Іванович (UA); Яропуд Віталій Миколайович (UA); Лободюк Віталій Миколайович (UA); заявник та патентовласник Вінн. нац. агр. ун.-т. - № u201609888; заявл. 26.09.2016; опубл. 10.03.2017 Бюл. №5

29. Измельчитель рулонов RB 1200 KRUK [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.sipma.pl/ru/produkt/izmelychitely-rulonov-sipma-rb-1200-kruk-sipma-rb-1500-kruk/> (дата звернення - 10.05.2019).

30. Нож для круглих рулонов RBS [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://biocomtechnology.bv/ru/farm/type2688/id2790> (дата звернення - 10.05.2019).

31. Разматыватель рулонов RBA [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://t-i-t.com.ua/razmotchik-rulonov-rba/> (дата звернення - 10.05.2019).

32. Измельчитель рулонов UNIBALL [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.rusfield.ru/technics/firms-luclar-uniball.shtml> (дата звернення - 10.05.2019).

33. Измельчитель-выдуватель соломы барабанного типа Tomahawk [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://tiu.ru/p5208596-izmelchitel-vyduvatel-solomy.html> (дата звернення - 10.05.2019).

34. Измельчитель рулонов грубых кормов ИГК-5М [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ukragrozapchast.ua/ru/tehnika-dlva-zhivotno-vodstva/izmelchitel-rulonov-grubyih-kormov-igk-5-pr-vo-bobruvskagro-mash.html> (дата звернення - 10.05.2019).

35. Измельчитель-смеситель-раздатчик кормов ИСРК-12 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://hozain-bv.all.biz/izmelchitel-smesitel-razdatchik-kormov-dlya-krs-g5554> (дата звернення - 10.05.2019).

36. Размотчик-измельчитель-раздатчик РИФ-350 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://agrozoo.ru/base_gvc/meh/modif/37331.html (дата звернення - 10.05.2019).

37. Пат. на корисну модель № 126076 України, МПК А01К 5/02 (2006.01) Мобільний кормороздавач / В.М. Яропуд, В.М. Пришляк - власник Вінницький

національний аграрний університет № u201711095 - заявл. 13.11.2017; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

38. Пат. на корисну модель № 127354 України, МПК А01К 5/00, А01К 5/02 (2006.01) Мобільний кормороздавач / В.М. Яропуд, О.В. Ковальчук, Ю.І. Журенко - власник Вінницький національний аграрний університет № u201802207 - заявл. 03.03.2018; опубл. 25.07.2018, Бюл. № 14.

39. Пат. на корисну модель № 128759 України, МПК А01К 5/00, А01К 5/02 (2006.01) Мобільний кормороздавач / А.В. Грицун, В.М. Яропуд - власник Вінницький національний аграрний університет № u201802945 - заявл. 23.03.2018; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19.

40. Патент на корисну модель №126951 України, МПК А23N 17/00, А01К 5/02 (2006.01) Мобільний роздавач-змішувач кормів / Любін М.В.; Яропуд В.М.; Токарчук О.А.; заявник та патентовласник Вінн. нац. агр. ун.- т. - № 201801334 ; заявл. 12.02.2018 опубл. 10.07.2018 Бюл. №13

41. Патент на корисну модель України № 114568, МПК А23N 17/00, В01F 7/02 (2006.01), А01К 5/00; Навантажувач-роздавач кормів / Пришляк Віктор Миколайович (UA); Яропуд Віталій Миколайович (UA); Іщук Вадим Олегович (ИЛ); заявник та патентовласник Вінн. нац. агр. ун.-т. - № и201609848; заявл. 26.09.2016; опубл. 10.03.2017 Бюл. №5

42. Пат. на корисну модель № 126071 України, МПК А01Б 29/00, В02С 18/00 Подрібнювач кормів / В.М. Яропуд, О.В. Ковальчук, Ю.І. Журенко - власник Вінницький національний аграрний університет № и201711058 - заявл. 13.11.2017; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

43. Патент на корисну модель України № 114571, МПК А23N 17/00, В01Б 7/02 (2006.01), А01К 5/00; Мобільний навантажувач-роздавач кормів / Пришляк Віктор Миколайович (UA); Яропуд Віталій Миколайович (иА); Волинець Олег Олегович (ИЛ); Базулько Владислав Миколайович (ИЛ); заявник та патентовласник Вінн. нац. агр. ун.-т. - № и201609864; заявл. 26.09.2016; опубл. 10.03.2017 Бюл. №5

44. Патент на корисну модель України № 114578, МПК Л01К 5/00, В0№

7/08 (2006.01); Мобільний змішувач-кормороздавач / Журенко Юрій Іванович (UA); Грицун Анатолій Васильович (UA); Яропуд Віталій Миколайович (иА); Слонівський Ігор Анатолійович (ИЛ); заявник та патентовласник Вінн. нац. агр. ун.-т. - № и201609904; заявл. 26.09.2016; опубл. 10.03.2017 Бюл. №5

45. Патент на корисну модель України № 114921, МПК Л01К 5/00; Підвісний кормороздавач-змішувач / Любін Микола Володимирович (UA); Токарчук Олексій Анатолійович (UA); Яропуд Віталій Миколайович (иА); заявник та патентовласник Вінн. нац. агр. ун.-т. - № и201610244; заявл. 07.10.2016; опубл. 27.10.03.2017 Бюл. №6

46. Патент на корисну модель України № 115054, МПК А01К 5/00, А01К 5/02 (2006.01); Мобільний кормороздавач / Любін Микола Володимирович (UA); Токарчук Олексій Анатолійович (UA); Яропуд Віталій Миколайович (UA); заявник та патентовласник Вінн. нац. агр. ун.-т. - № и201611831; заявл. 22.11.2016; опубл. 27.03.2017 Бюл. №6

47. Горячкин В. П. Собрание сочинений в 3 т. / В. П. Горячкин. - М.: Колос, 1965. - 1 т. - 720 с.

48. Горячкин В. П. Теория соломорезки и силосорезки. Собрание починений / В.П. Горячкин. - М.: Колос, 1968.- Т.1.-508 с.

49. Kuzmenko Vladimir Исследование влияния параметров измельчающего аппарата на энергоёмкость процесса резания / Vladimir Kuzmenko, Oleksandr Kholodiuk // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. - 2016. - Vol. 18, № 3. - P. 87-97.

50. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навч. посіб. / Д. Г. Войтюк, С. С. Яцун, М. Я. Довжик; за ред. Д. Г. Войтюка. - Суми : Унів. кн., 2008. - 543 с.

51. Гевко Р. Б. Машини сільськогосподарського виробництва: навч. посіб. для студ. вузів / Р.Б. Гевко, І. Г. Ткаченко, І. І. Павх; М-во освіти і науки України, Терноп. акад. нар. госп-ва. - Тернопіль, 2002. - 251 с.

52. Грицун А.В. Дослідження впливу кута встановлення робочої грані молотка на зусилля руйнування стеблових матеріалів / А.В. Грицун, І.А. Бабин,

О.А. Грицун // Техніка, енергетика, транспорт АПК. - 2015. - №1 (91). - С. 29-32.

53. Грицун А.В. Дослідження процесу руйнування стеблових матеріалів молотковими робочими органами А.В. Грицун, І.А. Бабин, О.А. Грицун // Техніка, енергетика, транспорт АПК. - 2015. - №2 (90). - С. 10-13

54. Грицун А.В. Теоретичне обґрунтування технологічно-конструктивних параметрів подрібнювача пресованих стеблових матеріалів / Грицун А.В., Грицун О.А., Яропуд В.М. // Зб.наукю праць ВНАУ Серія: Технічні науки. - 2014. - № 1 (84). - С. 85-92

55. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Т. 1. Ч. 1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. / П. М. Заїка, М-во освіти і науки України, М-во аграр. політики України, Харк. держ. техніч. ун-т с.-г. - Х.: ОКО, 2001. - 443 с.

56. Робочі процеси і розрахунок сільськогосподарських машин: навч. посіб. / К. І. Шмат, П. В. Сисолін, В. В. Карманов, Г. І. Іванов ; Херсон. держ. техн. ун-т. - Херсон : Олді-плюс, 2004. - 308 с.

57. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів / Д. Г. Войтюк, В. М. Булгаков, С. В. Кропивко, В. Б. Онищенко; за ред. Д. Г. Войтюка. - К., 2005. - 464 с.

58. Фролов, В.Ю. Классификация раздатчиков -измельчителей кормов / В.Ю. Фролов, Д.П. Сысоев, М.И. Туманова // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 7. - С.18-20.

59. Купчук І.М. Обґрунтування технологічної схеми та конструктивної реалізації вібраційного подрібнення сировини спиртового виробництва: дис. ... кандидата техн. наук : 05.18.12 / Купчук Ігор Миколайович. - Вінниця: ВНАУ, 2017. - 170 с.

60. Гвоздєв О.В. Вдосконалення процесу подрібнення зерна / О.В. Гвоздєв, Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. - 2011. - № 11. - С. 143-150.

61. Кудінов Є.С. Аналіз способів подрібнення зернових кормів стосовно

їх енергоємності / Є.С. Кудінов, І.Г. Бойко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Серія: Технічні науки. - 2010. - № 95. - С. 5.

62. Купчук І.М. Дослідження процесу подрібнення зерна дисковим ударним елементом / І.М. Купчук // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. - 2018. - № 11. - С. 41-48.

63. Нанка О.В. Напрямки підвищення ефективності процесу подрібнення зернових кормів / О.В. Нанка // Конструювання, виробництво, експлуатація сільськогосподарських машин. - 2015. - Вип.45, ч.ІІ. - С. 152-157.

64. Нанка О.В. Шляхи зниження енергоємності подрібнення зернових кормів та підвищення якості подрібнення [Текст] / О.В. Нанка, І.Г. Бойко // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Збірник наукових праць БНАУ - Біла Церква: БНАУ, 2012. - Вип. 7. - С. 55-58.

65. Фролов, В.Ю. Теоретические аспекты процесса приготовления и раздачи грубых кормов из рулонов /В.Ю. Фролов, М.И. Туманова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. - № 101. - С.2133-2143.

66.Фролов В.Ю. Анализ факторов, влияющих на оптимальные конструктивно-режимные параметры раздатчика-измельчителя / Фролов В.Ю., Туманова М.И.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. - 2016. - Т.2. - С. 260-261.

67. Yanovich V.P. Determination of rational operating parameters for a vibrating disk-type grinder used in ethanol industry / V.P. Yanovich, I.M. Kupchuk, // Inmateh - agricultural engineering. - 2017. - Vol. 52, No.2. - P.143 - 148

68. Kupchuk I.M. Verification of the mathematical model of the energy consumption drive for vibrating disc crusher / I.M. Kupchuk, O.V. Solona, I.A. Derevenko, I.V. Tverdokhlib // Inmateh - agricultural engineering. - 2018. - Vol. 55, No.2. - P.113 - 120

69. Yanovich V.P. Theoretical studies of energy parameters of vibration-disk crusher starch containing substance / V.P. Yanovich, I.M. Kupchuk, O.S. Kovalchuk //

SWorld journal: Technical sciences. - 2016. - Vol.11. - P. 17-25.

70. Паламарчук І.П. Експериментальна оцінка енергетичних параметрів віброторної дробарки крохмаловмістної сировини спиртової промисловості / І.П. Паламарчук, В.П. Янович В., І.М. Купчук // Вібрації в техніці та технологіях. - 2015. - № 3 (79). - С. 133-136

71. Yanovich V.P. Determination of rational operating parameters of vibration crusher in accordance with dispersion of material / V.P. Yanovich, I.M. Kupchuk // Техніка, енергетика, транспорт АПК. - 2017. - №2 (97). - С.104-108.

72. Булгаков В.М. Теоретична механіка. Посібник для практичних занять. (Під редакцією проф. С.І.Кучеренка). / В.М. Булгаков, В.В. Бурлака, Г.М. Калетнік, І.Є. Кравченко, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко, М.Г. Березовий. - Вінниця: Нова книга, 2010. - 667 с.

73. Прикладна механіка / В.М. Булгаков, В.В. Адамчук, О.М. Черниш, М.Г. Березовий, Г.М. Калетнік, В.В. Яременко. - К.: Аграр. наука, 2016. - 816 с.

74. Солоня О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солоня, І.М. Купчук - Вінниця: ВНАУ, 2017. - 116 с.

75. Солоня О.В. Технічна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солоня, І.М. Купчук - Вінниця: ВНАУ, 2017. - 84 с.

76. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш, Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. - К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. - 340 с.

77. Сивак Р.І. Короткий курс теоретичної механіки / Р.І. Сивак, А. Деревенько. - Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. - 200 с.

78. Солоня О. В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування. Навчальний посібник / О.В. Солоня, І.М. Купчук. - 2-ге вид., допов. і перероб. - Вінниця: ВНАУ, 2019. 249 - с.

79. Солоня О. В. Теорія механізмів і машин. Лабораторний практикум. Навчальний посібник / Солоня О.В., Любин В.С. - Вінниця: ПП Балюк І.Б., 2014. - 138 с.

80. Цуркан О.В. Розрахунки передач привода: Методичні вказівки до

виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Деталі машин» / О.В. Цуркан, В.С. Павленко, Ю.А. Полевода. - Вінниця: РВВ ВНАУ, 2011. - 87 с.

81. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник / За 89ед. В.С. Павленка. - К.: «Хай-Тек Прес», 2011. - 140 с.

82. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є. Підшипники кочення. Вибір за статичною та динамічною вантажопідйомністю, конструювання підшипникових вузлів: Навчальний посібник / За 90ед.. В.С. Павленка. - К.: «Хай-Тек Прес», 2012. - 128 с.

83. З'єднання в машинобудуванні: Навч. Посібник / В.С. Павленко, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Ю.А. Полевода / За 90ед.. В.С. Павленка. - Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. - 110 с.

84. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980, 168 с.

85. Шашков В.Б. Прикладной регрессионный анализ (многофакторная регрессия): Учебное пособие. / В.Б. Шашков. - Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2003. - 363 с.

86. Купчук І.М. Компромісна оптимізація режимних параметрів процесу подрібнення зернової сировини при виробництві етилового спирту / І.М. Купчук // Вібрації в техніці та технологіях. - 2017. - №4 (87). - С. 91100.

87. Закон України про охорону праці (2002р.) зі змінами на 2009р.

88. Закон України про захист прав споживачів

89. НПАОП 0.00-1.11-98. Правила безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води.

90. ДНАОП 15.1-1.06-99. Правила з ОП для працівників м'ясопереробних цехів.

91. НПАОП 01.0-1.02-18 Правила ОП в сільськогосподарському виробництві.

92. НПАОП 0.00-1.13-71. Правила будови і безпечної експлуатації

стаціонарних компресорних установок, повітропроводів і газопроводів.

93. ВБН -СГіП-46-3.94. ВБН-СГіП-46-3.94 (НАПБ 06.014-95) Перелік будівель і приміщень підприємств міністерства сільського господарства та продовольства України з встановленням їх категорії по вибухопожежній небезпеці, а також класів вибухопожежонебезпечних зон по ПУЕ.

94. ДСТУ ISO 6309:2007. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір. Київ. Держспоживстандарт України. 2008. 12 с.

95. ВНТП -СГіП-46-1.94. Відомчі норми технологічного проектування. Скотарські підприємства. Міністерство аграрної політики України

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

**Обґрунтування параметрів дискового робочого органу подрібнювача
стеблових кормів**

Виконав: студент групи МГМЗ-1-19
Зайвий Дмитро Вячеславович

Керівник: канд. техн. наук, доц.
Гаврильченко Олександр Степанович

Дніпро, 2021

Метою роботи є підвищення ефективності процесу подрібнення стеблових кормів у пресованому вигляді шляхом розробки та обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача стеблових кормів з дисковим робочим органом із комбінованими ріжучими сегментами.

Для досягнення поставленої мети необхідно рішення наступних **задач**:

1. Проаналізувати конструктивні особливості технічного та технологічного забезпечення процесу подрібнення грубих кормів, відомі теорії подрібнення та різання та розробити конструктивно-технологічну схему подрібнювача з дисковим робочим органом із комбінованими ріжучими сегментами.
2. Провести аналітичні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів, встановити найбільш значущі фактори, що впливають на енерговитрати процесу, та визначити конструктивно-технологічні параметри пропонованого обладнання.
4. Провести експериментальні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів та обґрунтувати раціональні конструктивно-технологічні параметри подрібнювача.
5. Провести техніко-економічну оцінку подрібнювача корму з дисковим робочим органом з комбінованими ріжучими сегментами.

Роль і місце грубих кормів в системі годівлі сілськогосподарських тварин

Рацион для корів різної продуктивності живою масою 500 кг в зимовий період, кг на одну голову на добу

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

Рациони годування молодняка на дорощуванні та відгодівлі

Жива маса, кг	Корм, кг					Міститься в раціоні				
	Сінаж (36% сухої речовини)	Комбікорм	Сухої речовини, кг	Кормових одиниць, кг	Протеїну, г	Клітковини	Калійцю, г	Фосфору, г		
Дорощування (середньодобовий приріст маси – 750-800 г)										
150	8	2,8	4,88	4,62	459	998	28	20		
200	10	2,0	5,68	5,28	521	1134	33	23		
250	12	2,0	6,61	5,92	685	1302	37	26		
300	14	2,0	7,05	6,56	642	1451	41	29		
Відгодівля (середньодобовий приріст маси – 1250 г)										
350	16	3,0	8,29	8,05	815	1687	46	35		
400	18	3,5	9,35	9,26	942	1885	50	40		
450	18	4,0	9,9	9,68	966	1912	53	44		
500	20	4,5	11,0	10,75	1100	2136	60	47		

Аналіз існуючих конструкцій машин для подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді для ферм ВРХ 4



Подрібнювач соломи
стаціонарний ИСС-180



Подрібнювач рулонів
ИР-1,8

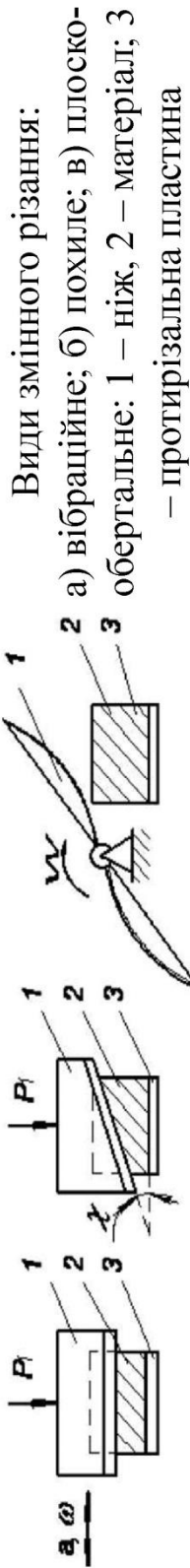


Роторний подрібнювач
кормів РИК-88

Порівняльна характеристика деяких подрібнювачів кормів

Модель	Габаритні розміри ДхШхВ, мм	Продуктивність, т/год	Потужність приводу, кВт	Питома енергоємність, кВт год/т	Подрібнюючий апарат
РВК-88	3400x4636x3200	5,0	55	11	МОЛОТКИ
ІРК-145	3800x2400x2500	3,18	50	15,7	НОЖІ
ІСН-1,8	4190x2150x2640	1,85	до 50	27,02	МОЛОТКИ
ИСС-180	1000x2600x3300	2,5	49	19,6	НОЖІ, МОЛОТКИ
ІР-1,8	6100x2875x3100	3,9	55	14	МОЛОТКИ
ИРР-1М	2370x2100x2300	2,0	40	20	МОЛОТКИ
КР-02	-	0,4	4,5	11,25	-
НХ	-	0,2	3,0	15,0	-

Класифікація подрібнювачів кормів



Види змінного різання:
 2 а) вібраційне; б) похиле; в) плоско-обертальне: 1 – ніж, 2 – матеріал; 3 – протиризальна пластина

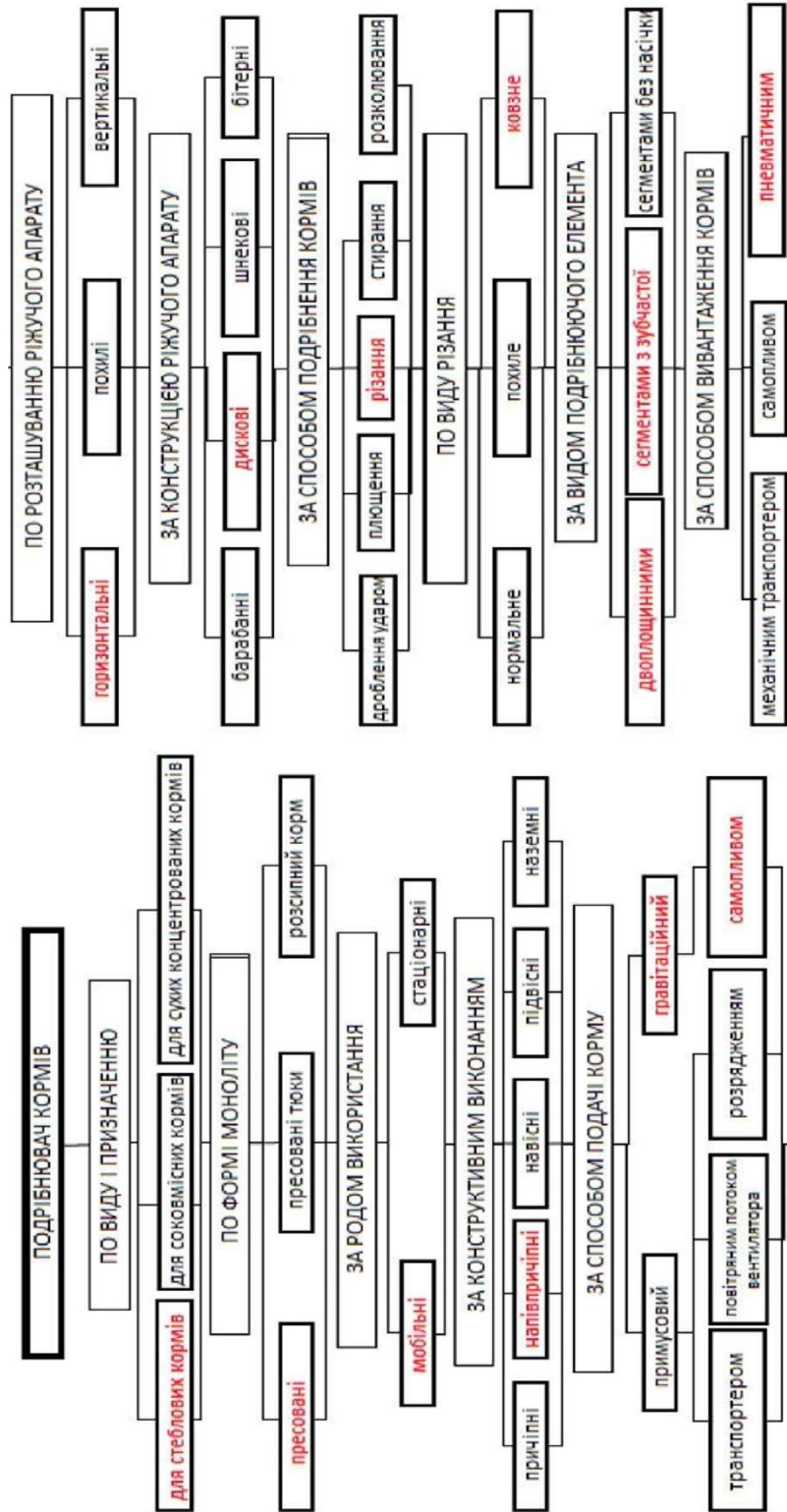
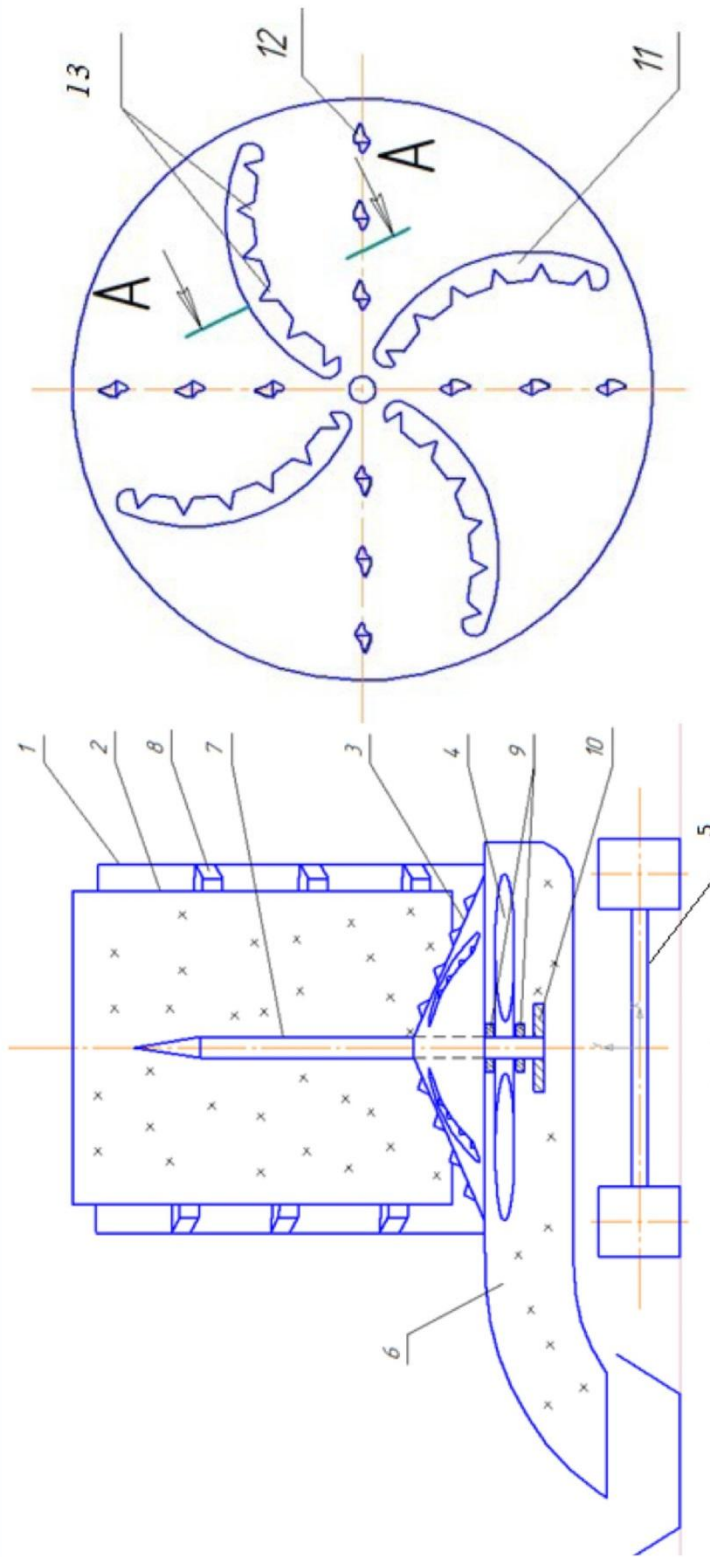
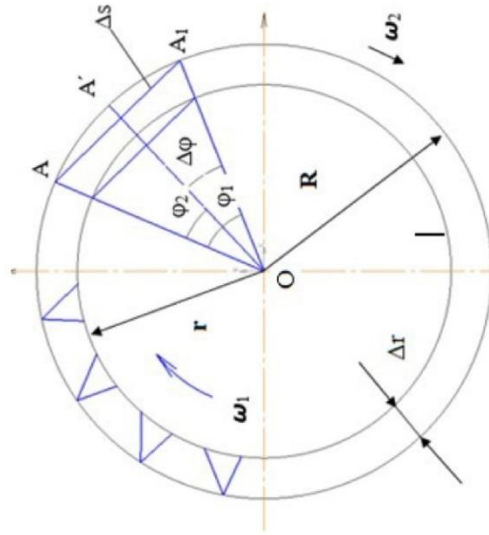


Схема класифікації подрібнювачів кормів



- а – загальний вигляд; б – робочий орган; 1 – бункер; 2 – рулон;
 3 – подрібнювальний робочий орган конусного типу; 4 – лопатеве колесо;
 5 – ходова частина; 6 – повітропровід; 7 – голка; 8 – шнекова навівка;
 9 – підшипник; 10 – привод шківів; 11 – зубчастий подрібнювальний елемент;
 12 – двох-плосинний сегмент; 13 – ромбоподібна западина

Конструктивно-технологічна схема подрібнювача грубих кормів



Залежність між кутовою швидкістю подрібнювального робочого органу та швидкістю рулону

$$Cv > \omega_{lmin} = \omega_2 \frac{\arccos\left(\frac{\Delta s^2}{2R^2 - 1}\right)}{2\pi}$$

За повний оберт одним ножом з рулону зрізується шар у вигляді витка логарифмічної спіралі

$$S(G) = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} (\alpha^\varphi)^2 d\varphi = \frac{1}{4 \ln \alpha} (\alpha^{4\pi} - 1)$$

Схема до визначення параметрів
вирізаної частини

Продуктивність подрібнювача в кг/с визначиться

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

де ω_2 – кутова швидкість подрібнювального робочого органу, s^{-1} ; R – радіус робочого органу подрібнювача разом з вильотом зубчастих сегментів, м; n – кількість сегментів на робочому органі; L – довжина активної частини леза зубчастого подрібнювального елемента, м; ρ – щільність матеріалу рулону, кг/м³; α – кут нахилу зубчастого подрібнювального елемента до поверхні робочого органу; ε – коефіцієнт проковзування рулону відносно робочого органу

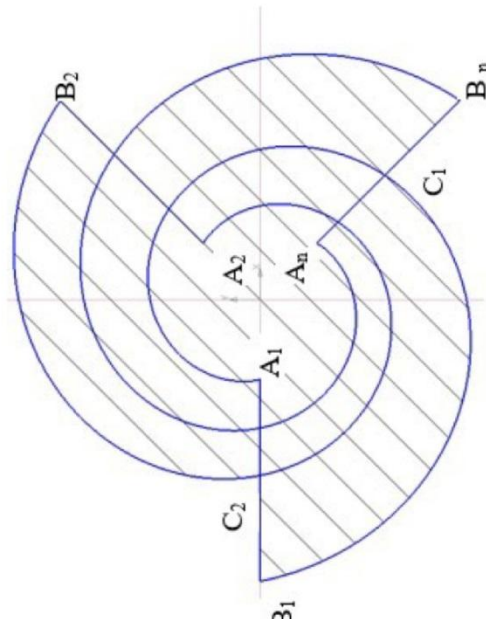


Схема до визначення траєкторії
сегмента у відносному русі

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F_{пер}^x - F_{мп1} = m\chi\omega^2 - N_1 f_{вн} \\ m\ddot{z} = F_{кор}^z - F_{мп2} + N_1 = -2m\dot{\chi}\omega - N_2 f_2 + N_1 \end{cases}$$

де $F_{пер}^x = \chi\omega$ – переносна сила інерції, Н; $F_{кор}^z = -2m\dot{\chi}\omega$ – коріолісова сила інерції, Н; $F_{тр1}$ – сила тертя по сусідньому сегменту, Н; $F_{тр2}$ – сила тертя матеріалу по поверхні подрібнювального робочого органу конусного типу, Н; $N_1 = 2m\chi\omega + N_2 f_2$ – нормальна реакція від взаємодії корму з сусіднім сегментом, Н; $N_1 = P$ – нормальна реакція подрібнювального робочого органу конусного типу, Н; $f_{вн}$ – коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу; f_2 – коефіцієнт тертя по поверхні подрібнювального робочого органу конусного типу; m – маса матеріальної точки, кг.

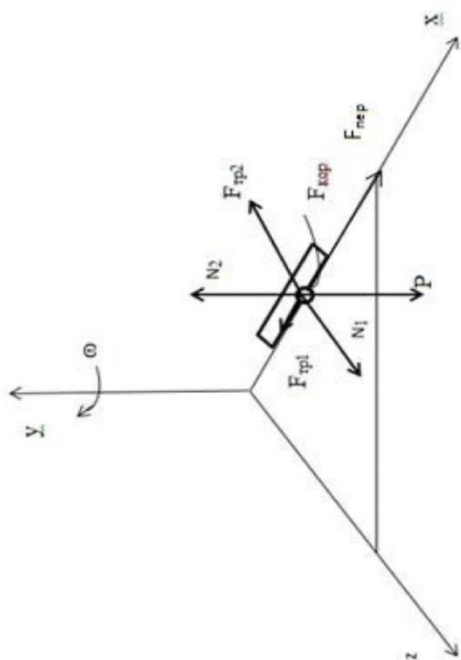


Схема руху частинки в момент проходження матеріалу через сегмент

Остаточне рівняння відносного руху набуде вигляду

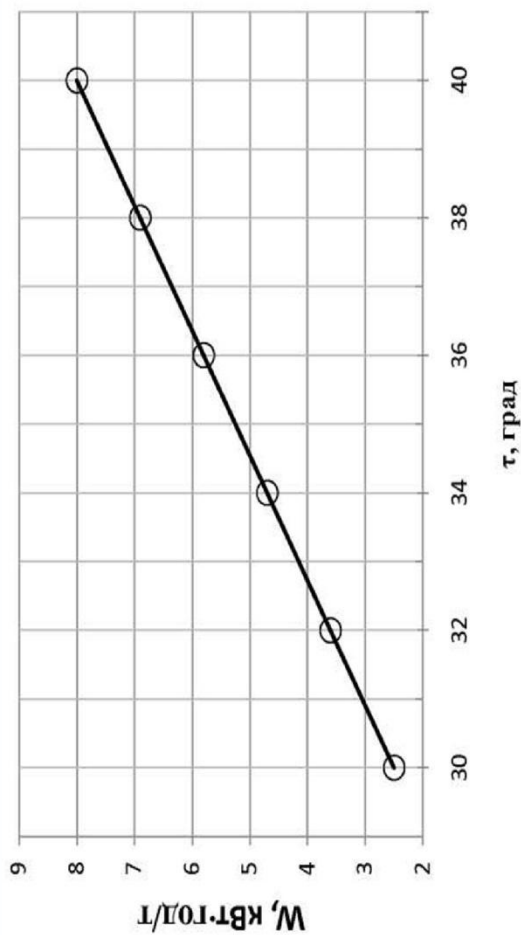
$$\begin{aligned} x = & \frac{\left(-\frac{f_{вн} g f_2}{\omega^2} + x_0 \right) \left(-f_{вн} + \sqrt{f_{вн}^2 + 1} \right)^{-\omega \left(f_{вн} + \sqrt{f_{вн}^2 + 1} \right)}}{2\sqrt{f_{вн}^2 + 1}} e^{-\omega \left(f_{вн} + \sqrt{f_{вн}^2 + 1} \right)} + \\ & \frac{\left(\frac{f_{вн} g f_2}{\omega^2} - x_0 \right) \left(f_{вн} + \sqrt{f_{вн}^2 + 1} \right)^{-\omega \left(f_{вн} - \sqrt{f_{вн}^2 + 1} \right)}}{2\sqrt{f_{вн}^2 + 1}} e^{-\omega \left(f_{вн} - \sqrt{f_{вн}^2 + 1} \right)} + \frac{f_{вн} g f_2}{\omega^2} \end{aligned}$$

Величину питомої енергоємності процесу можна визначити із залежності

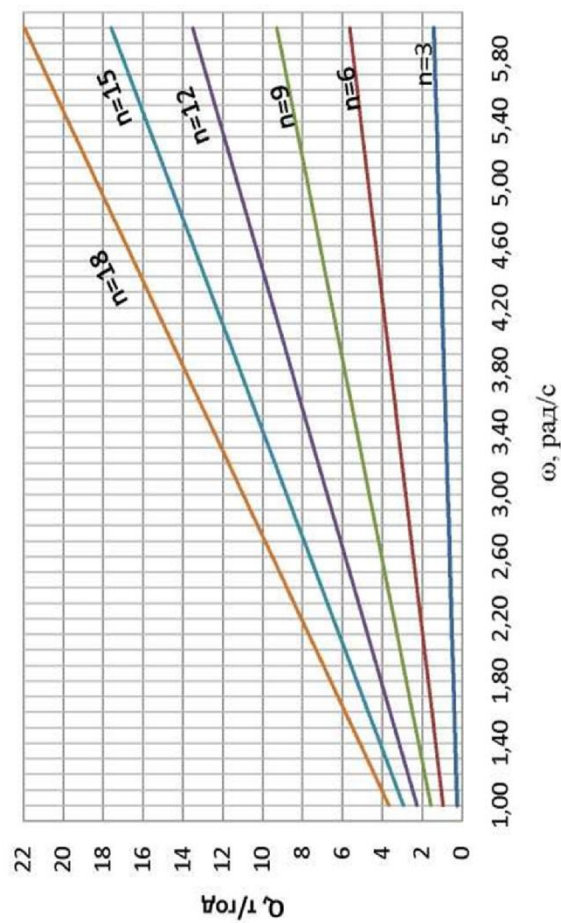
$$W_{нум} = \frac{1,1 \cdot \delta \cdot \frac{h}{\sin \tau} \cdot r \cdot \delta_p (\cos \tau)^3 \cdot (1 + f' g \tau)}{3,6 \cdot \frac{1}{8} \cdot R^2 \cdot n \cdot L \cdot \sin \alpha \cdot \rho \cdot (1 - \varepsilon)}$$

Визначення енергоємності подрібнювача стеблових кормів

9



Графік залежності питомої енергоємності від зміни кута нахилу криволінійного ножа до поверхні подрібнювального робочого органу



Графік залежності продуктивності від зміни кутової швидкості подрібнювального робочого органу

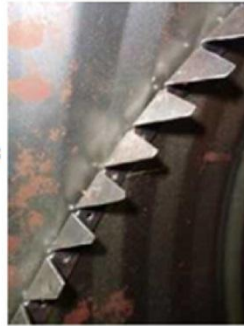


а



б

а – циліндричний бункер;
 б – робочий орган; в – шнекова
 навівка бункера; г – привод
 подрібнювача



в



г

Розроблений подрібнювач
 стеблових кормів

Фактори та рівні їх варіювання

Позначення	Фактори			Кут між робочим органом конусного типу і горизонтальними зубчастими елементами, α , град.
	Кутова швидкість обертання подрібнювального робочого органу, ω , с^{-1} .	Кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру робочого органу, Z	Кількість сегментів з дуговим профілем, n	
Верхній рівень (+)	X1 1,6	X2 9	X3 9	X4 40
Основний рівень (0)	3,2	6	6	35
Нижчий рівень (-)	4,8	3	3	30

Для споживаної потужності (N):

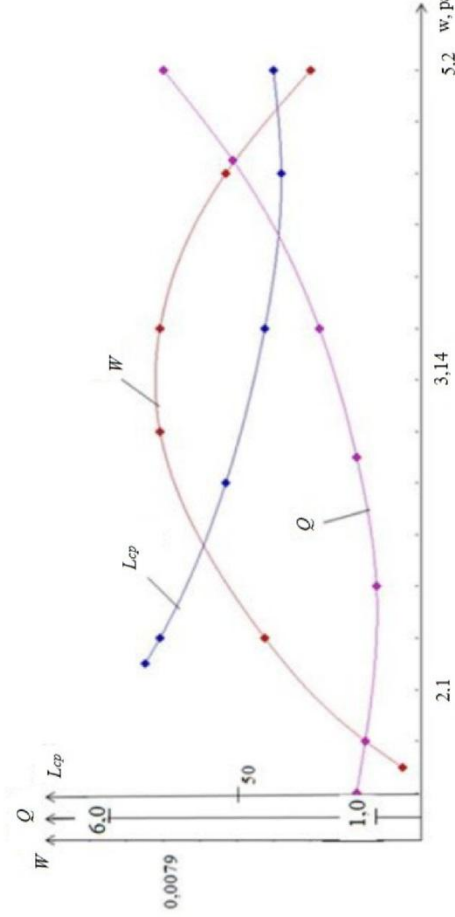
$$N = 2,571283 + 0,582433\omega + 0,061233 Z + 0,798067 n + 0,753\alpha - 0,0002 \omega Z + 0,0001 \omega n - 0,0001 Z\alpha - 0,0001 n\alpha - 0,0055 \omega^2 - 0,0006 Z^2 - 0,0077667n^2 - 0,0073 \alpha^2$$

Час подрібнення матеріалу (T):

$$T = 18,43992 - 11,41393\omega + 1,47030 Z - 5,33787n - 1,92323\alpha - 0,0001Z - 0,0008 \omega n + 0,0000475 \omega\alpha - 0,0017 Zn - 0,00007 Z\alpha + 0,0009 n\alpha + 0,1089 \omega^2 - 0,0139 Z^2 + 0,0521667 n^2 + 0,0184667 \alpha^2$$

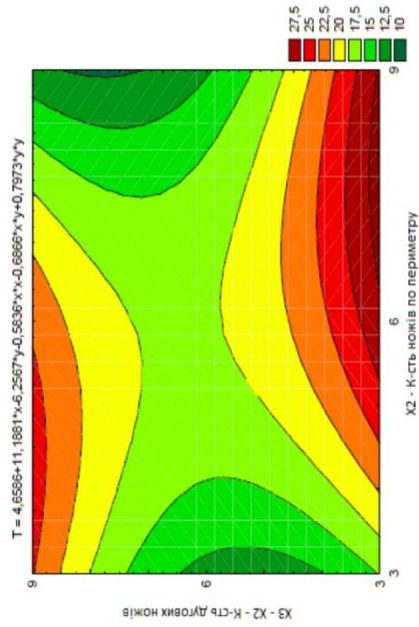
Середньозважена довжина частинок (L_{cp}):

$$L_{cp} = 5,633467 - 1,953067 \omega - 1,8963 Z - 2,908 n - 0,2482 \alpha - 0,0003 \omega Z - 0,0005 \omega n + 0,00003 \omega\alpha + 0,0002 Zn - 0,00007 Z\alpha + 0,0000068 n\alpha + 0,0191\omega^2 + 0,018 Z^2 + 0,0283 n^2 + 0,00247 \alpha^2$$

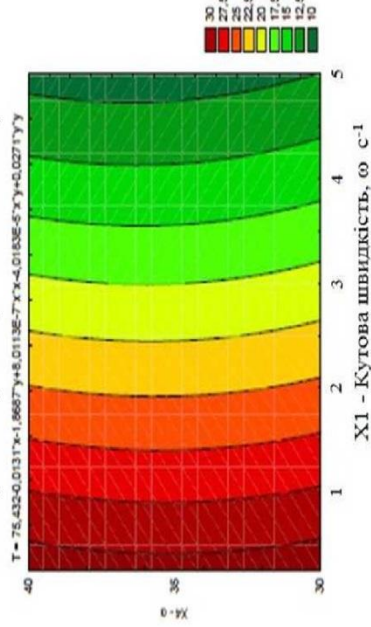


Результати експериментальних досліджень процесу подрібнення стеблових кормів

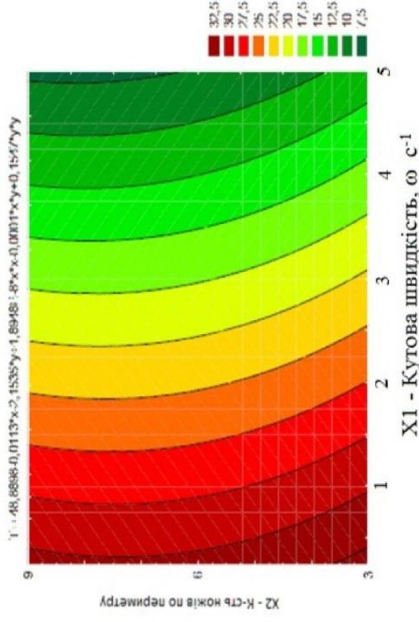
12



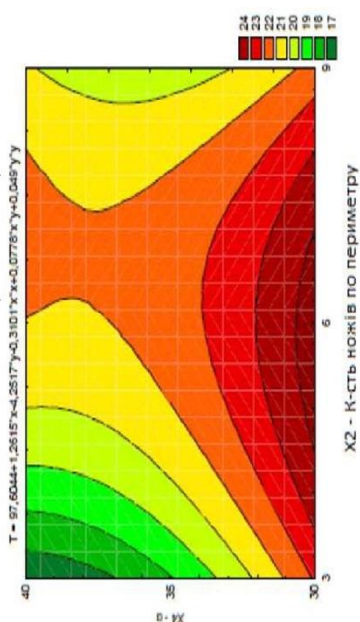
Перетин поверхні відгуку часу
обробки матеріалу масою 10 кг при
 $X1 = +1$ ($\omega = 4,8 \text{ с}^{-1}$) і $X4 = +1$ ($\alpha = 400$)



Перетин поверхні відгуку часу
обробки матеріалу масою 10 кг при
 $X2 = -1$ ($Z = 3$) і $X3 = -1$ ($n = 3$)



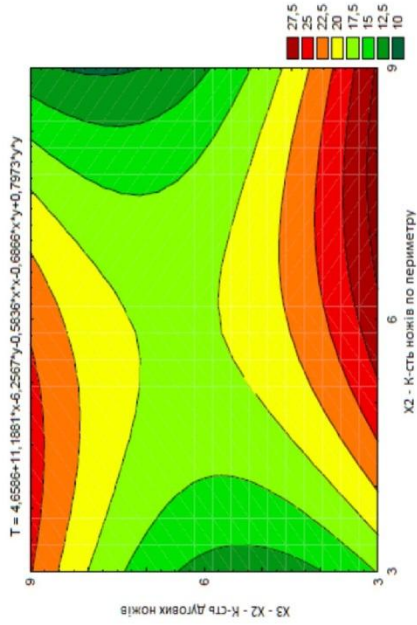
Перетин поверхні відгуку часу обробки
матеріалу масою 10 кг при $X3 = +1$ ($n = 9$) і
 $X4 = -1$ ($a = 300$)



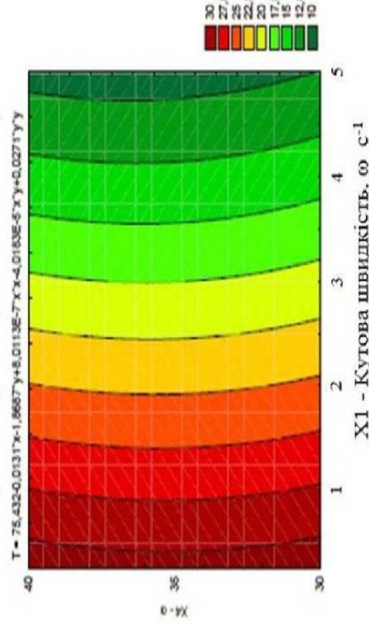
Перетин поверхні відгуку часу обробки
матеріалу масою 10 кг при $X1 = 0$
($\omega = 3,2 \text{ с}^{-1}$) і $X3 = -1$ ($n = 3$)

Результати експериментальних досліджень процесу подрібнення стеблових кормів

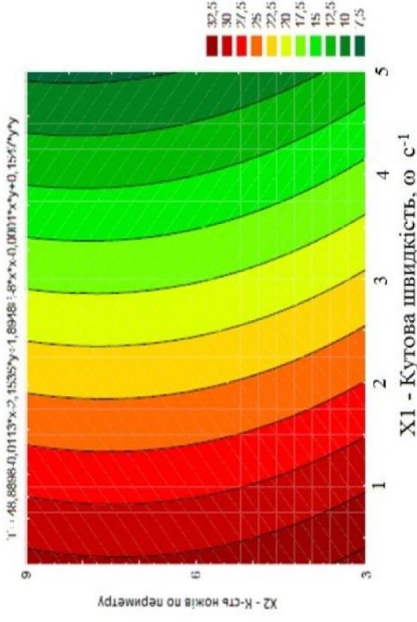
12



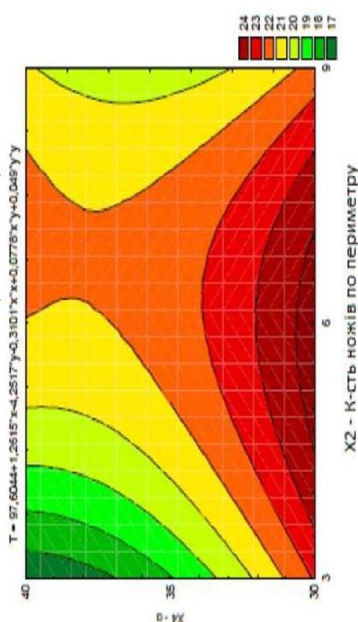
Перетин поверхні відгуку часу
обробки матеріалу масою 10 кг при
 $X1 = +1$ ($\omega = 4,8 \text{ c}^{-1}$) і $X4 = +1$ ($\alpha = 400$)



Перетин поверхні відгуку часу
обробки матеріалу масою 10 кг при
 $X2 = -1$ ($Z = 3$) і $X3 = -1$ ($n = 3$)



Перетин поверхні відгуку часу обробки
матеріалу масою 10 кг при $X3 = +1$ ($n = 9$) і
 $X4 = -1$ ($a = 300$)



Перетин поверхні відгуку часу обробки
матеріалу масою 10 кг при $X1 = 0$
($\omega = 3,2 \text{ c}^{-1}$) і $X3 = -1$ ($n = 3$)

1. В результаті аналізу техніко-технологічного забезпечення процесу подрібнення грубих кормів була розроблена класифікація грубих стеблових кормів, що дозволило розробити структурно-технологічну схему обладнання для реалізації цього процесу.
2. В ході теоретичних досліджень робочого процесу подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді були розроблені математичні моделі, що дозволили отримати числові значення конструктивно-технологічних параметрів машини: кутова швидкість робочого органу $\omega = 2,4-4,6 \text{ с}^{-1}$; кут нахилу між робочим органом та горизонтальними зубчастими сегментами $\alpha = 30^{\circ}-32^{\circ}$; кількість зубчастих сегментів $Z = 9$; кількість сегментів з дуговим профілем $n = 6$. При цьому продуктивність становить $Q = 2-3 \text{ т/год}$ при питомій енергоємності процесу – $W = 2,0-2,5 \text{ кВт год/т}$.
3. Виходячи з програми і методики експериментальних досліджень подрібнювача стеблових кормів необхідно провести факторний експеримент з метою встановлення кореляційного зв'язку між критеріями ефективності процесу подрібнення і відповідними факторами.
4. За результатами експериментальних досліджень обґрунтовано раціональні конструктивно-технологічні параметри машини: $\omega = 4,6 \text{ с}^{-1}$, $Z = 9$, $n = 9$, $\alpha = 30^{\circ}$ та отримано компромісні значення якісних та енергетичних параметрів процесу, зокрема, час обробки $T = 18 \text{ с}$, споживані енерговитрати на привід машини $N=3,48 \text{ кВт}$, розмір частинок грубих кормів $L_{\text{ср}} = 60 \text{ мм}$. При цьому продуктивність подрібнювача становить $P=2000 \text{ кг/год}$ при питомій енергоємності процесу $W=1,77 \text{ кВт год/т}$. Розбіжність між результатами теоретичних та експериментальних досліджень складає $13,5 \%$, що підтверджує адекватність отриманих математичних моделей та їх придатність для оцінки перебігу процесу подрібнення грубих стеблових кормів розробленою машиною.
5. Наведені загальні відомості про охорону праці на підприємстві, шкідливі та небезпечні фактори при роботі, вимоги техніки безпеки при виконанні робіт на лінії приготування кормів.
Впровадження результатів досліджень дасть змогу заощадити кошти при підготовці грубих кормів до згодовування ВРХ на рівні до $20,82 \text{ грн./т}$ та отримати річний економічний ефект у розмірі 130313 грн./рік на одну машину при терміні окупності капітальних вкладень до $0,97$ року.

**MATERIÁLY
XVIII MEZINÁRODNÍ VĚDECKO - PRAKTICKÁ
KONFERENCE**

**MODERNÍVY MOŽENOSTI VĚDY -
2021**

22 - 30 ledna 2021 r.

Volume 3

Praha
Publishing House «Education and Science»
2021

Vydáno Publishing House «Education and Science»,
Frýdlanská 15/1314, Praha 8
Spolu s DSP SHID, Berdianskaja 61 B, Dnepropetrovsk

Materiály XVIII Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy -2021», Volume 3 : Praha. Publishing House «Education and Science» -56 s.

Šéfredaktor: Prof. JUDr. Zdeněk Černák

Náměstek hlavního redaktora: Mgr. Alena Pelicánová

Zodpovědný za vydání: Mgr. Jana Štefko

Manažer: Mgr. Helena Žáková

Technický pracovník: Bc. Kateřina Zahradníková

**Materiály XVIII Mezinárodní vědecko - praktická konference ,
Moderní vymoženosti vědy -2021 po**

For students, research workers.

Pro studentů, aspirantů a vědeckých pracovníků

Cena 50 Kč

ISSN 1561-6940

© Authors , 2021

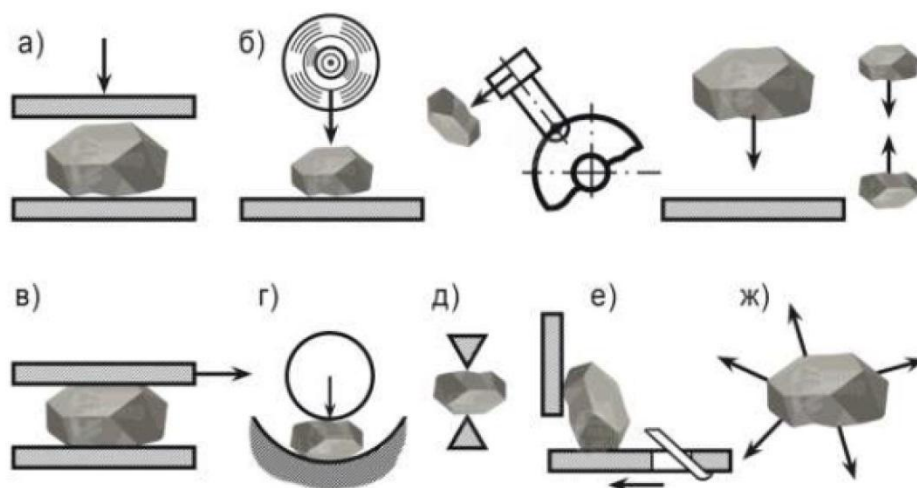
© Publishing House «Education and Science» , 2021

К.т.н. Гаврильченко О.С., магістрант Зайвий Д.В.,
магістрант Зайва А.С.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

КЛАСИФІКАЦІЯ І ПРИНЦИПІАЛЬНІ СХЕМИ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ

Машини для дроблення розрізняють за принципом дії. На рис. 1 показано основні способи подрібнювання (дроблення).



а – площення, б – удар, в – стирання, г – вигин, д – сколювання, е – різання,
ж – вибуховий дроблення

Рисунок 1 – Схема способів подрібнення

Дроблення вільним ударом застосовують у молоткових дробарках. Молотки різної конфігурації (залежно від призначення конструкції машини), розміщені на роторі, що обертається, руйнують продукт, який подається в дробильну камеру. Додатково продукт подрібнюється при ударах частинок об стінки камери, які

звичайно роблять рифленими. Подрібнений продукт просіюється крізь змінне решето, розмір отворів в якому визначається потрібною якістю помелу.

За призначенням дробарки можуть бути універсальними і спеціалізованими (для подрібнення продукту одного виду). Принцип різання і сколювання покладений в основу роботи вальцьових млинів. При обертанні пар вальців їх рифлені поверхні затягують матеріал в робочий зазор між вальцями і руйнують його. Вальці в парі обертаються з різною швидкістю, щоб запобігти залипання їх. Регулюють якість помелу, змінюючи ширину робочої щілини між вальцями і співвідношення їх колових швидкостей.

Плитковий, брикетний корм дроблять на дробарках-ломачах, вальці яких мають штифти або тупі грані. Спосіб розтирання застосований у жорнових млинах, де в робочому просторі між жорнами відбувається руйнування продукту. Звичайно один камінь (жорно) обертається, а другий нерухомий або може обертатися під дією тертя, які виникають у процесі помелу. Помел регулюють зміною величини робочого зазору між жорнами. Конструктивно млини відрізняються між собою розміщенням робочих органів (жорен) їхньою будовою, матеріалом та ін.

Плющення зерна здійснюють на плющильнях у робочому зазорі між двома гладенькими вальцями, що обертаються з однаковою робочою швидкістю. У деяких конструкціях плющильень приводиться в дію один валець, а другий обертається вільно. Регулюють процес плющення, змінюючи відстань між вальцями.

Сучасні молоткові дробарки можуть дробити продукт вологістю до 20-22 %. Проте для приготування сінного або трав'яного борошна вологість продукту повинна бути не вища 10-12 %. Спеціальні універсальні дробарки можуть дробити сіно вищої вологості. Млини і вальцьові дробарки не можуть подрібнювати зерно вологістю понад 16 % внаслідок підвищеного залипання поверхності робочих органів. При надмірній сухості зерна та інших кормів при їх розмелюванні збільшується вихід дрібноборошнистого продукту і пилу, що веде до втрати продукту. Оптимальна вологість сухих кормів, призначених для розмелу, повинна становити 12-15 %, як і при зберіганні їх.

Молоткові зернові дробарки складаються з корпусу, ротора, циклона, шинозового затвора, фільтра, системи пневмопроводів, бункера, механізмів передач, електродвигуна та пускозахисної апаратури.

Внутрішня порожнина дробарки розділена решетом на дві частини – порожнину ротора і зарешітний простір.

У більшості дробарок решето займає від половини до двох третин периметра, а решта – рифлена дуга – дека.

Дека виготовляється з відбіленого чавуну або штампується з листової сталі з наступним загартуванням.

Аналізуючи експериментальні і теоретичні дослідження [1-2] робочого процесу молоткової дробарки, слід зробити наступні висновки:

1. Застосування сучасних конструкцій молоткових дробарок супроводжується отриманням готового матеріалу невіривняного гранулометричного складу і високою енергоємністю процесу.

2. Із-за недосконалості конструкції, наявність циркулюючого навантаження всередині робочої камери веде до підвищеної витрати енергії.

3. Нераціональна постановка решета з круглими пробивними отворами в камері подрібнення дозволяє використовувати його в основному в ролі «контролера».

4. Підвищення продуктивності і зниження енергоємності молоткових дробарок здійснюється за рахунок складних конструктивних рішень.

5. Зниження витрат енергії на подрібнення і підвищення якості отриманого продукту можливе за рахунок залучення решета до процесу подрібнення.

Література:

1. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навч. Посіб. Суми : Унів. кн., 2008. 543 с.

2. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва: навч. посіб. для студ. вузів; М-во освіти і науки України, Терноп. акад. нар. госп-ва. Тернопіль, 2002. 251 с.

CONTENTS

EKONOMICKÉ VĚDY

Podniková ekonomika

Захарченко Л.А., Пащук М.М. ОБГРУНТУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВА ЗВ	3
---	---

Zahraníční ekonomické aktivity

Залесский Б.Л. ОТ ПОВЫШЕНИЯ ИННОВАЦИОННОСТИ - К ПРОЕКТАМ БУДУЩЕГО	6
Залесский Б. Л. КЛЮЧ К УСПЕХУ - ИННОВАЦИОННОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	9

FILOLOGIE

Teoretické a metodologické problémy studia jazyka

Ищенко Т.В. ПРИЧИНИ ПОЯВИ ТА РОЛЬ ЛЕКСИЧНИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ У МОВІ ..	12
--	----

Jazyk, řeč, komunikace

Соляник В. І. СТРУКТУРА КОНЦЕПТУ «ПРИРОДА» В МОВНІЙ КАРТИНІ СВІТУ ДЖЕКА ЛОНДОНА.....	15
--	----

LÉKAŘSKÉ VĚDY

Morfologie

Shevchenko O. M., Sych V. O. CRITERIONAL COMPLEX OF BLOOD SYSTEM REACTIONS SYSTEM FORECASTING IN THE CONDITIONS OF INFLAMMATION AND EFFECTS OF SUBSTANCE P BLOCKING.....	18
--	----

PEDAGOGICKÉ VĚDY

Problémy tréninku

Залесский Б.Л. НА ПУТИ К ОБЩЕМУ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМУ ПРОСТРАНСТВУ ..	21
--	----

Strategické směry reformy vzdělávacího systému

Товканець Г.В. ІННОВАЦІЇ В СУЧАСНІЙ ОСВІТІ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТІ.....	24
---	----

Moderní metody výuky

Кохан Л. В. ВИЯВЛЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ДИДАКТИЧНИХ УМОВ РЕАЛІЗАЦІЇ ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ГУМАНІТАРНИХ ДИСЦИПЛІН	28
Назарова В.В., Вольская А.Г. СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ ДЛЯ КУРСАНТІВ (СТУДЕНТІВ) ПЕРШОГО КУРСУ ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ	32

MODERNÍ INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE

Computer engineering

Веселовська Г.В., Анан'єв Д.О., Ястребова О.І., Яценко Д.В., Кучміїчук М.М. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНО- ОРІЄНТОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ НА ЗАСАДАХ ТЕХНОЛОГІЇ E-LEARNING	38
---	----

TECHNICKÉ VĚDY

Větev inženýrství

Алієв Е.Б., Буйницький О.І., Гусар І.М. ТЕСТЕР ДОІЛЬНИХ УСТАНОВОК	42
Гаврильченко О.С., Зайвий Д.В., Зайва А.С. КЛАСИФІКАЦІЯ І ПРИНЦИПІАЛЬНІ СХЕМИ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ	46
Алієв Е.Б., Мельник А.О., Чорний В.О. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ	49

Transport

Степано О.В., Венгер А.С. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS: INTERNATIONAL ASPECT	52
CONTENTS	55

- *286423*
- *286324*
- *286325*
- *286425*
- *286352*
- *286179*
- *286332*
- *286272*
- *286326*
- *286406*
- *286223*
- *286363*
- *286364*
- *286365*
- *286382*