ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр» на тему:

Обґрунтування параметрів барабанного ріжучого апарату для подрібнення стеблових кормів

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-19

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Борщов Євген Ігорович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____ _____

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
МВПТ
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
_____ Дудін В.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Борщову Євгену Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів барабанного ріжучого апарату для подрібнення стеблових кормів

керівник роботи Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«25» листопада 2020 року № 2958

2. Строк подання студентом роботи 08.02.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Аналіз стану питання процесів та 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. Стан питання. Мета і завдання дослідження. 2. Теоретичні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів. 3. Експериментальні дослідження. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічна оцінка подрібнювача стеблових кормів. Загальні висновки. Бібліо-

графічний список
.

5. Перелік демонстраційного матеріалу
1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (2 аркуші, А4). 2.Теоретичні дослідження (3 аркуші, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуші, А4). 4. Охорона праці (1 аркуш, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуш, А4)
.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 25.11.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.11.2020 р.	
2	Теоретичний	до 20.11.2020 р.	
3	Експериментальний	до 10.12.2020 р.	
4	Охорона праці	до 20.12.2020 р.	
5	Економічний	до 27.12.2020 р.	
6	Демонстраційна частина	до 24.01.2021 р.	

Студент _____ Борщов Є.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Дудін В.Ю.

(підпис) (прізвище та ініціали)

№ п/п	Фор-мат	Позначення	Найменування	Кіль-кість арку-	арку-	При-мітка
			Текстові документи			
1	А4		Пояснювальна записка	83		
			Демонстраційні мате-			
2	А4		Мета і задачі дослі-	2	2,3	
3	А4		Теоретичні дослідження	3	4,5,6	
4	А4		Експериментальні дос-	3	7,8,9	
5	А4		Охорона праці	1	10	
6	А4		Економічна частина	1	11	
7	А4		Висновки	1	12	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	46ДР021.000.000РД		
Розробив		Борщов			Відомість дипломної	літера	ар-	ар-
Переві-		Дудін					3	83
Т. контр						МгМз-1-19.		

Н. контр.	*Гаврильче-*			*роботи*	*ДДАЕУ*
Затверд.	*Дудін*				

АНОТАЦІЯ

Борщов Є.І. Обґрунтування параметрів барабанного ріжучого апарату для подрібнення стеблових кормів /Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Дипломна робота включає в себе п’ять розділів, зміст, вступ, висновки та пропозиції до проекту, бібліографічний список та додатки. В першому розділі приведений огляд технічних засобів для подрібнення стеблових кормів, основні напрямки теоретичних досліджень процесу та виконано їх аналіз. Другий розділ включає в себе питання теоретичного обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів ріжучого апарату подрібнювача. Третій розділ присвячено розробці програми та методики експериментальних досліджень, аналізу їх результатів. Частина з охорони праці присвячена дослідженню розробленої конструкції подрібнювача з точки зору безпеки праці. Розділ п’ять – техніко-економічна оцінка розробки.

Ключові слова: корм, стебло, подрібнення, ніж, різання, потужність, кінематична трансформація.

1. Борщов Є.І. Обґрунтування технологічної схеми подрібнювача стеблових кормів / В.Ю. Дудін, Є.І. Борщов // Materiály XVI Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy», Volume 10 : Praha. Publishing House «Education and Science» -88 s.

ЗМІСТ

Вступ 7
1 СТАН ПИТАННЯ. МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ 9
1.1 Вимоги, що пред'являються до стеблових кормів 9
1.2 Аналіз існуючих конструкцій подрібнюючих апаратів 11
1.3 Аналіз існуючих теоретичних досліджень процесу подрібнення грубих стеблових кормів 16
1.4 Висновки до розділу 28
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ 29
2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми нового подрібнення стеблових кормів 29
2.2 Теоретичне обґрунтування продуктивності подрібнювача 34
2.3 Теоретичне обґрунтування витрат потужності на подрібнення 43
2.5 Висновки по розділу 49
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ 50
3.1 Програма експериментальних досліджень 50
3.2 Експериментальна установка 51
3.3 Результати досліджень та їх аналіз 52
3.3.1 Результати проведення однофакторних експериментальних досліджень продуктивності подрібнювача 52
3.3.2 Результати проведення однофакторних експериментальних досліджень енергетики процесу подрібнення 55
3.4 Висновки по розділу 57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 58
4.1 Загальні визначення та поняття 58

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів..... 59

4.3 Заходи по забезпеченню захисту оператора подрібнювача
від дії шкідливих та небезпечних факторів …..…. 59

4.4 Правила безпечного виконання робіт при подрібненні стеблових ко
рмів……...…….. 61

4.5 Порядок дій у надзвичайних ситуаціях…….….. 65

4.6 Висновки по розді- 67
лу..…….

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА
ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ …...……...… 68

5.1 Вихідні дані……...…. 68

5.2 Питомі експлуатаційні витрати ……...…. 69

5.3 Капітальні вкладення…… 73

5.4 Питомі приведені витрати…… 74

5.3 Висновки по розділу …….. 75

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..……..……..... 76

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК…..……..…. 78

ДОДАТКИ

ВСТУП

Рішення завдання продовольчої безпеки можливо лише при наявності добре розвинутої галузі тваринництва, що вимагає постійного вдосконалення технічних засобів і підвищення їх рівня ефективності. Найважливішим напрямком тваринництва є скотарство, зокрема, вирощування великої рогатої худоби (ВРХ) і дрібної рогатої худоби (ДРХ). Ефективне скотарство неможливо без застосування сучасних засобів механізації виробництва, в тому числі і кормовиробництва. Основними компонентами кормових сумішей для ВРХ є стеблові корми, перетравність яких в значній мірі залежить від якості підготовки до згодовування. У процесі підготовки до згодовування важливе місце займає подрібнення, оскільки саме подрібнення є найбільш енергоємною операцією.

Для подрібнення грубих кормів промисловість випускає різні машини і кормоприготувальні агрегати. Однак більшість з них не забезпечує регламентованого зоотехнічними вимогами ступеня подрібнення, і має досить велику енергоємністю процесу, а машини матеріаломісткі та габаритні. Крім того, багато подрібнювачів незручні в експлуатації і недостатньо надійні.

Низька універсальність більшості існуючих подрібнювачів не дозволяє широко використовувати їх при подрібненні різноманітних грубих кормів, багато з яких мають міцне стебло (наприклад кукурудза). Істотним недоліком подрібнювачів є висока вартість, що робить неможливим використання цілого ряду машин в особистих підсобних і фермерських господарствах. Тому розробка подрібнювача, який би по продуктивності, енергоємності процесу і якості роботи підходив би для ферм з різним поголів'ям є актуальним завданням, що вимагає наукового підходу і ретельного обґрунтування.

Метою дослідження є підвищення ефективності процесу подрібнення стеблових кормів шляхом розробки конструкції і обґрунтування основних параметрів ріжучого апарату подрібнювача. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- на підставі аналізу існуючої теорії подрібнення і вивчення конструктивно-технологічних параметрів сучасних подрібнювачів виявити основні шляхи вдосконалення технологічного процесу подрібнення грубих стеблових кормів, визначити найбільш перспективну конструкцію подрібнювача і напрямки її розвитку;

- запропонувати конструктивно-технологічну схему ефективного подрібнювача теоретично дослідити продуктивність і витрати потужності на подрібнення;

- провести лабораторні дослідження і виявити найбільш раціональні конструктивно-технологічні параметри подрібнювача і режими його роботи;

- провести аналіз розробленого подрібнювача з точки зору охорони праці;

- визначити економічну ефективність пропонованого подрібнювача кормів.

Методи дослідження. Для дослідження технологічних і конструкційних параметрів ріжучого апарату подрібнювача стеблових кормів використовуються теоретичні і експериментальні методи. Теоретичні дослідження виконані із застосуванням основних законів теорії різання, положень теоретичної механіки та опору матеріалів.

Під час експериментальних досліджень застосовували методи математичної статистики і методики планування багатофакторного експерименту. Для дослідження процесу різання було розроблено оригінальний стенд, лабораторні випробування експериментального ріжучого апарату проведені на кафедрі механізації виробничих процесів у тваринництві ДДАЕУ із застосуванням зразка малогабаритного подрібнювача.

Об'єкт дослідження - технологічний процес подрібнення стеблових кормів подрібнювачем. Предмет дослідження - встановлення закономірності технологічного процесу подрібнення стеблових кормів подрібнювачем.

1 СТАН ПИТАННЯ. МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Вимоги, що пред'являються до стеблових кормів

Нові подрібнювачі стеблових кормів конструктивно повинні відповідати системі стандартів безпеки праці «Машини і технологічне обладнання для тваринництва і кормовиробництва. Загальні вимоги безпеки» ДСТУ 12.2.042-91. До грубих кормів відносять: сіно, солому і полову. Вони відрізняються високим вмістом клітковини (від 19 до 45%) [25]. Сіно готують із природних і сіяних трав, а також з травосумішей. Воно є одним з основних кормів для великої рогатої худоби, овець і коней в стійловий період. Високоякісне сіно є джерелом протеїну, клітковини, цукрів, мінеральних речовин, вітаміну Д, вітамінів групи В і каротину [29, 30, 58]. Хороша якість сіна забезпечується при просушування трав в поле до вологості 30- 35% з подальшим пресуванням його в тюки і досушуванням методом активного вентилювання [1, 2, 5, 6, 13]. На якість сіна впливають ботанічний склад трав, фаза їх вегетації при скошуванні, спосіб збирання і зберігання. Вміст вологи в сіні повинно бути більше 17% [58]. Залежно від ботанічного складу і умов зростання сіно підрозділяється на наступні види: сіяні бобові, сіяні злакові, сіяні бобово-злакові, природних кормових угідь (злакові, бобові та ін.) [58].

Поживність соломи залежить від виду і сорту рослин, часу і способів збирання і інших чинників. Більш кращою в годівлі тварин є солома зернобобових та ярих злакових культур. Озима солома (житня і пшенична) має більш низьку поживність через великий вміст клітковини (від 36 до 42%) [29, 30].

Солома містить 3-4% протеїну, 1-2% жиру, 4-6% мінеральних солей, 1-3 мг/кг каротину; в ній мало кальцію, фосфору, натрію [29, 30]. Перетравність поживних речовин соломи у жуйних тварин - 40-50%, у коней - 20-30% [58]. Соломою частково замінюють сіно і згодовують її в поєднанні з силосом та іншими соковитими кормами [58].

Соковиті і грубі корми об'єднують в групу об'ємистих кормів. Незважаючи на їх невисоку поживність, на відміну від концентратів об'ємні корми найбільш повно забезпечують потреби жуйних тварин в повноцінному харчуванні [58]. До грубих стеблових кормів відносять сухі стебла кукурудзи, сорго і т.д. У раціоні тварин в зимовий період корми цих видів можуть становити 25-30% [29, 30, 46]. Підготовка грубих стеблових кормів до згодовування полягає в подрібненні, що підвищує поїдання та покращує технологічні властивості. Подрібнення - найбільш простий спосіб підготовки грубих стеблових кормів до згодовування. Воно сприяє підвищенню поїдання кормів і полегшує роботу органів травлення тварин. Подрібнюють дані корми в спеціальних подрібнювачах до наступних розмірів [30, 51] (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 - Розмір частинок подрібнених грубих стеблових кормів

Вид корму	Розмір частинок подрібненого корму, мм	
	ВРХ	ДРХ
Сіно, солома	30-50	20-30
Зелені стебла кукурудзи	30-50	10-20

Як грубі корми використовують стрижні кукурудзяних качанів, які містять 0,35-0,37 кормових од. і 13-15 м перетравного протеїну в 1 кг корму [51]. Використовують стрижні кукурудзяних качанів в якості грубого корму при годуванні і відгодівлі ВРХ. Їх згодовують в розмолотому вигляді в суміші з

іншими кормами, а також в складі гранульованих кормів. Розміри частинок при цьому повинні відповідати розмірам, представленим в таблиці 1.1.

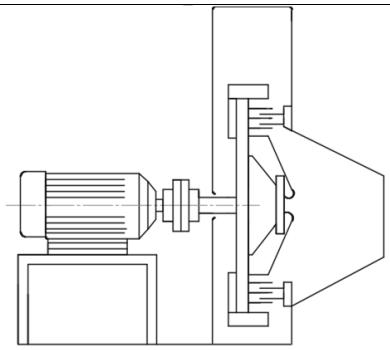
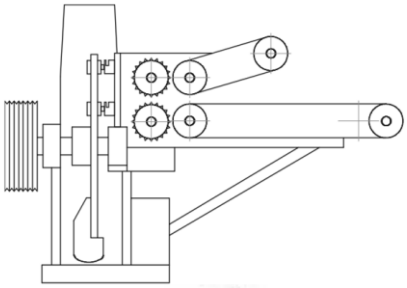
Подрібнювачі повинні ефективно подрібнювати як сіно і солому, так і сухі стебла таких рослин як кукурудза. Важливим є підвищення рівня уніфікації машин, скорочення їх типажу, розробка і виробництво універсальних подрібнювачів, здатних однаково ефективно подрібнювати різні види грубих стеблових кормів, значно відрізняються за механіко-технологічними властивостями. Розробка нових високоефективних подрібнювачів грубих стеблових кормів вимагає знань про механіко-технологічні властивості матеріалу, що подрібнюється.

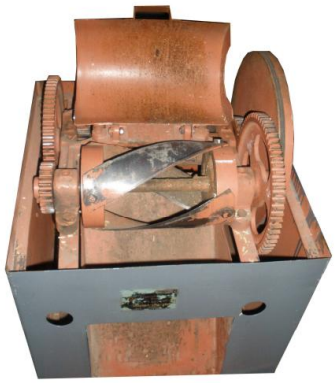
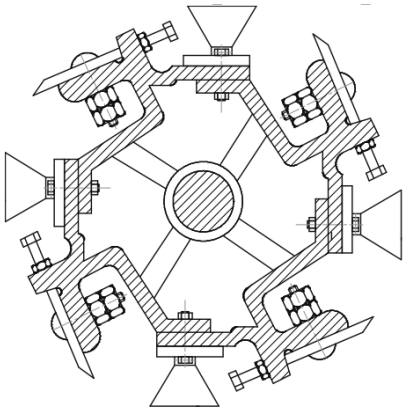
1.2 Аналіз існуючих конструкцій подрібнюючих апаратів

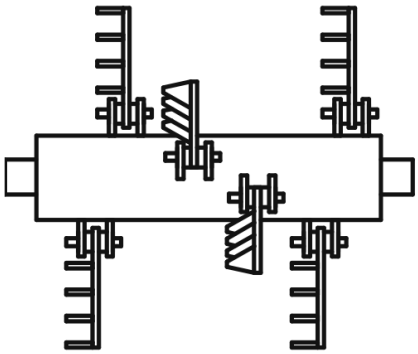
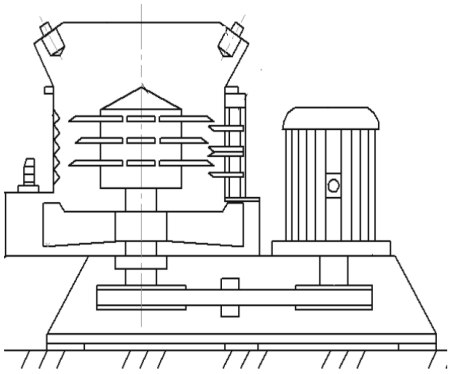
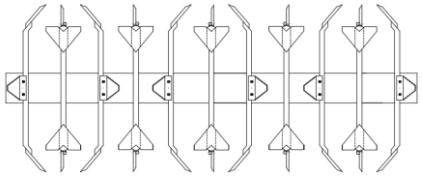
Дослідження спрямовано на визначення найбільш ефективних конструкцій подрібнювачів грубих стеблових кормів і шляхів вдосконалення їх робочих органів. В даний час на фермах використовуються робочі органи [5, 13, 20] для подрібнення грубих стеблових кормів, які представлені в таблиці 1.2.

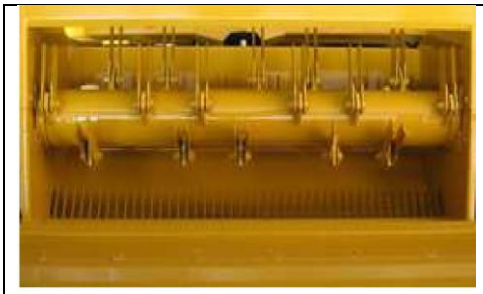
Таблиця 1.2 - Робочі органи подрібнювачів грубих стеблових кормів

Тип робочого органу	Марка	Розробники і дослідники	Примітка
1	2	3	4
Штифтовий	ИГК-30Б	Мельников С.В., Резнік Н.Є., Ревенко І.І.	Подрібнення стебел, використовуючи процеси зламу, розриву і пере-

			тирання при їх вологості до 40 %
1	2	3	4
З ножами, закріпленими на крильчатці 	РСС-6, комбайн Sterh 2000	Мельников С.В., Резник Н.Є., Брагінець Н.В., Ялпачік Г. С., Ревенко І.І.	Подрібнення стебел і соковитих кормів, використовуючи різання і розщеплення частинок з метою отримання м'якої маси

Барабанний 	РСБ-3,5М4, ИКВ-5А	Мельников С.В., Резник Н.Є., Брагінець Н.В., Ялпачік Г. С., Ревенко І.І.	Подрібнення стебел з регульованою довжиною різання без розщеплення вздовж волокон
1	2	3	4
З поздовжньо-поперечним різанням 		Еллі А.Я., Рустамов С.І., Горячкин В.П.	Подрібнення стебел різанням і розщеплення частинок з метою отримання м'якої маси
З багато площинним робочим органом		Аюгін П.М., Резник Н.Є., Рустамов С.І.	Робочий орган забезпечує хорошу якість подрібнення: частинки дов-

			жиною 20 - 50 мм складають 85,7%, а розщеплені частки перевищують 97%
Вертикальний ножовий барабан 	ІСК-3, ІС-20А, ІСРВ-12, ІСК-30	Мельников С.В., Резник Н.Є., Ревенко І.І., Вольвак С.Ф.	Вертикальний барабан з декількома рядами ножів, подрібнює корм за допомогою взаємодії з протирізу
1	2	3	4
Фрезбарабан 	ФН-1,2, ПСК-5	Мельников С.В., Резник Н.Є., Белянчіков Н. Н., Альошкін В.Р.	Являє собою циліндр, на поверхні якого прикріплені по гвинтовій лінії Г-образні ножі
Барабан з шарнірно підвішеними ножами	Дон-1500Б, SAMPO	Шаповалов В.І., Макаров І.В., Мельников С.В., Сироватка В.І.	Подрібнення стебел за принципом різання пуансоном (рубка) з розщепленням частинок від удару

Як видно з таблиці 1.2., для подрібнення грубих стеблових кормів використовуються конструкції з робочими органами різного типу. Однак не всі типи робочих органів здатні розщеплювати стебла, хоча при подрібненні рослин з великим стеблом (наприклад, кукурудза) розщеплення відсічених частинок на шматки дуже важливо, це дозволяє створити більш м'яку масу, яку легко поїдають тварини. Перспективним є барабанний тип робочого органу, оскільки він добре узгоджується з живильним пристроєм і дозволяє ефективно застосовувати як ножі, так і шарнірно підвішені молотки різної конструкції.

Найбільший науковий інтерес представляє різання з ковзанням, оскільки даний варіант технології відкриває можливості мінімізації витрат енергії (що є одним з напрямків даного дослідження). На рис 1.1. приведена класифікаційна схема ріжучих апаратів Н.Є. Резніка [5]. Аналіз існуючих конструкцій подрібнювачів показує доцільність розщеплення стебел молотками або штифтами при подрібненні, аналіз ріжучих апаратів, неодноразово проведення багатьма авторитетними вченими і дослідниками, показує ефективність змінного різання ножем. Виходячи з вищесказаного випливає, що для підвищення ефективності подрібнювача, необхідно використовувати обидва фактори. Отже, доцільно створити такий робочий орган, який забезпечує удар по стеблу і руйнує його внутрішню структуру, а також одночасно забезпечує ковзне різання розщеплених стебел.

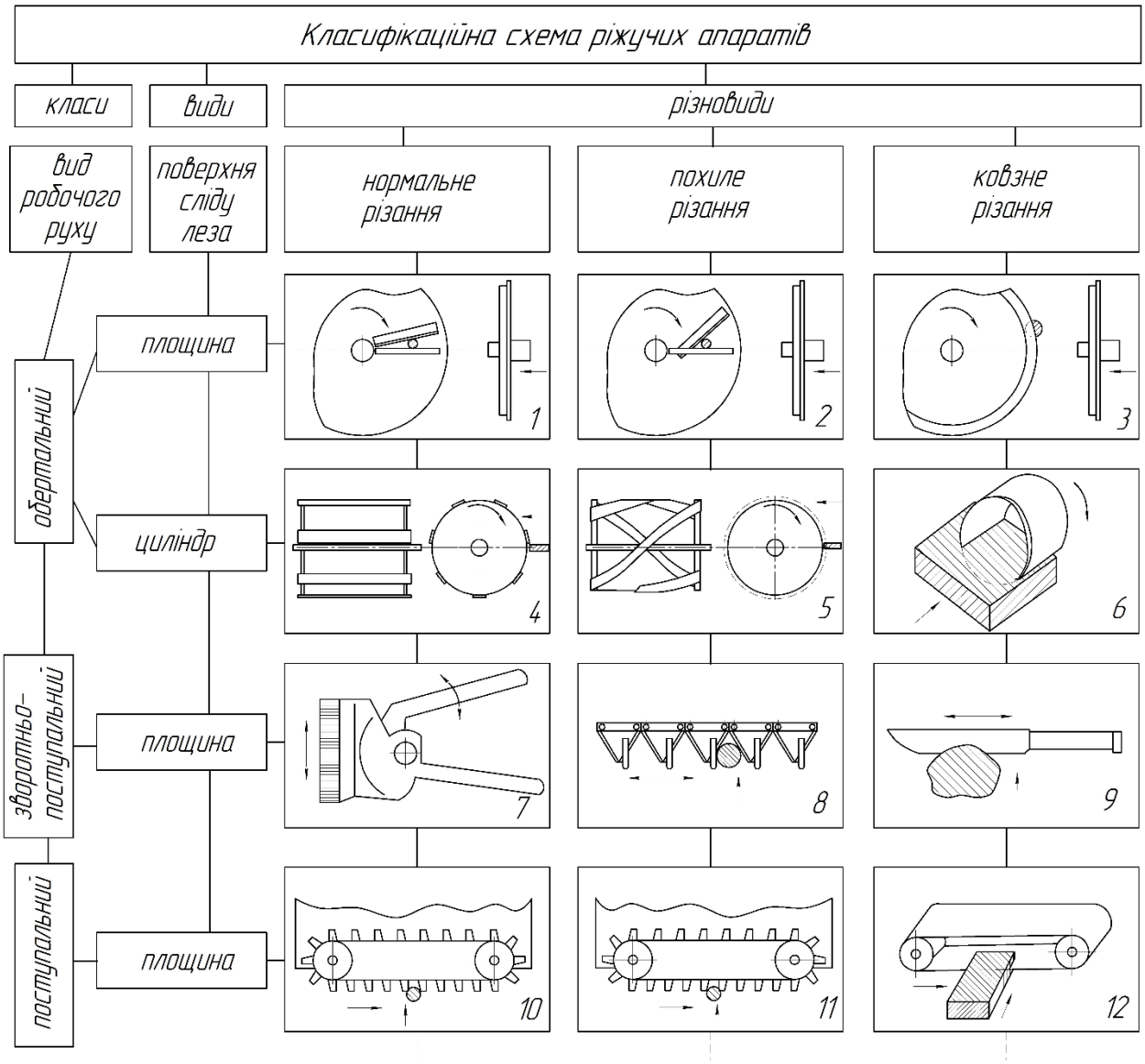


Рисунок 1.1 - Класифікаційна схема ріжучих апаратів Н.Є. Резніка

1.3 Аналіз існуючих теоретичних досліджень процесу подрібнення грубих стеблових кормів

Теорія подрібнення грубих стеблових кормів полягає в наступному. Якщо шар стебел в процесі різання надійно встановлений та не відгинається, то вид різання можна визначити кутом τ, утвореним нормаллю до ріжучої кромці, і напрямом дії сили P_p [20, 37]. Між видами різання існує тісний зв'язок, і в міру збільшення τ вони переходять один в інший. Так, при $\tau = 0$ вид різання нормальний, при $0 < \tau \leq \varphi$ - похилий без ковзання, $\tau > \varphi$ - похилий з ков-

занням (рисунок 1.2).

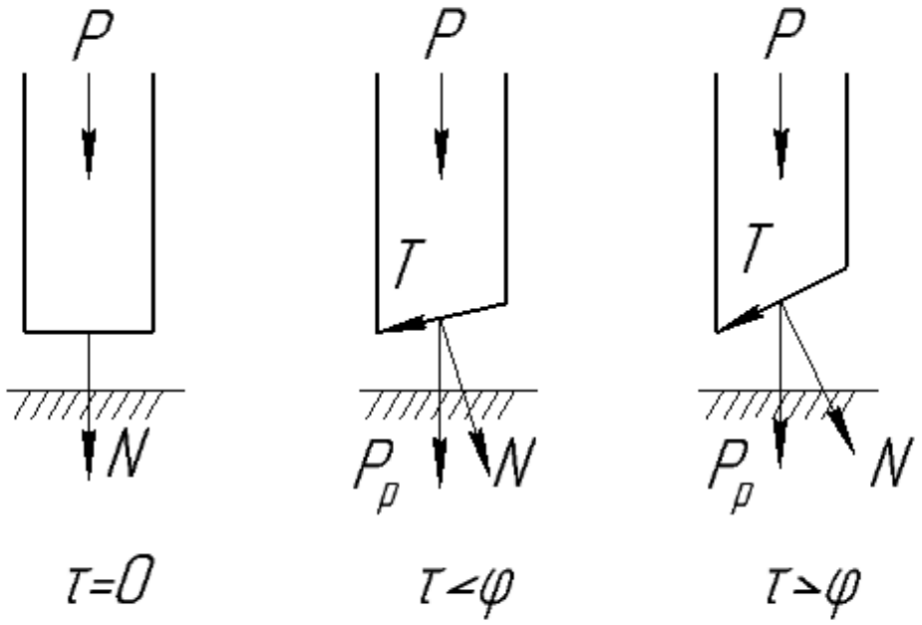


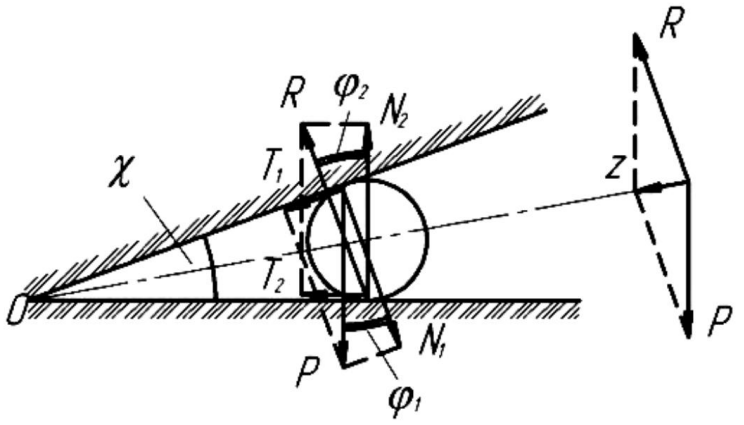
Рисунок 1.2 - Види різання стеблових матеріалів

Необхідно відзначити, що кут τ визначає не тільки вид різання, але і характер розподілу деформацій в поперечному перерізі стебла. Збільшення концентрації деформацій можливе або за рахунок збільшення швидкості різання, або за рахунок перенесення деформацій з нормального напряму в бік похилого, тобто за рахунок збільшення кута τ [20, 37].

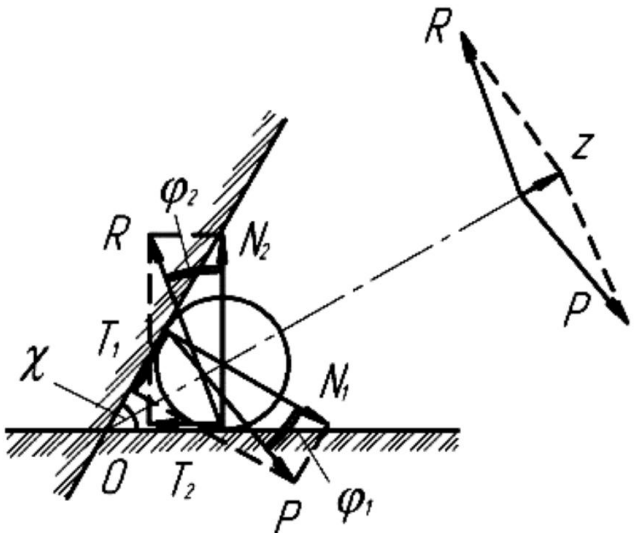
Для робочого процесу ріжучого апарату істотне значення мають такі фактори: ковзання ножа; защемлення матеріалу; питома робота різання; фізико-механічні властивості матеріалу; робоча швидкість ножа, геометричні параметри ножа, зазор в ріжучої парі [20, 21, 48]. Необхідною умовою забезпечення нормального протікання процесу різання є защемлення матеріалу між лезом і протиріжучою пластиною.

Нижче розглянуті умови, при яких буде забезпечено надійне затискання матеріалу. На рис. 1.3 зображений матеріал круглого перетину в розчині но-

жиць, наприклад, рухомого ножа і нерухомою протиріжучої пластини.



а



б

Рисунок 1.7 - Защемлення матеріалу (а) в між лезами і його виштовхування (б)

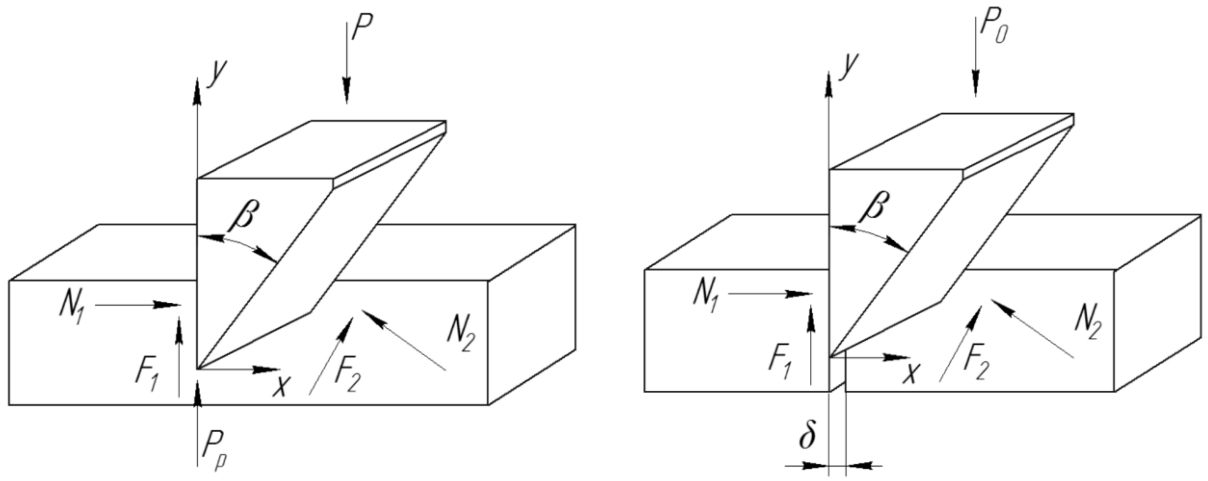
Таким чином, умова повного заміщення запишеться як:

$$\chi \leq 2\varphi_{min} \qquad (1.1)$$

де φ_{min} - найменший з кутів φ_1 і φ_2 (рис 1.3). За експериментальними даними, в дискових подрібнювачах грубих кормів χ = 40-50º, в барабанних - χ = 24-30º.

Анізотропні властивості рослинних матеріалів при руйнуванні їх лезом

обумовлюються видом зрізу, який визначається розташуванням площини зрізу щодо волокон рослин і напрямком різання. Можливі комбінації розташувань площини зрізу і напрямків різання визначають основні види зрізу: поздовжній, поперечний і бічний.



а б

Рисунок 1.4 - Схема сил, що діють на ніж при нормальному різанні: а - взаємодія ножа з шаром матеріалу; б - схема для спрощеного дослідження

У практиці ж частіше зустрічаються не основні види зрізу, а проміжні: косий (поздовжньо-поперечний), похилий (поперечно-бічний) і поздовжньо бічний. Виникають вони в результаті того, що стебла неоднаково нахилені до площини зрізу, а шар в живильному пристрої рухається поступально. Перехід від одного зрізу до іншого за рахунок відгиба стебел в процесі різання неминуче пов'язаний з появою осьових сил, які негативно впливають на ефективність процесу і довговічність ріжучих елементів. Сам же зріз виходить рваним.

Статичний метод побудови теорії нормального різання полягає в наступному. При впливі ножа на шар матеріалу (рисунок 1.4, а) на нього впливає вертикальна сила P, нормальні реакції N_1 і N_2, сили тертя, що діють на бічні

грані F_1 і F_2, і сила опору різання лезом P_p Вважаючи рух леза рівномірним, рівняння рівноваги даних сил в проекції на осі *x* і *y* набуде вигляду:

$$\begin{cases} N_1 - N_2 \cos\beta + F_2 \sin\beta = 0; \\ -P + P_p + F_1 + F_2 \cos\beta + N_2 \sin\beta = 0. \end{cases} \quad (1.2)$$

Рівняння (1.2) містять п'ять невідомих (N_1, N_2, F_1, F_2, P_p). Сучасними дослідниками запропоновано наступне рішення даного рівняння. При русі ножа і наявності ковзання між матеріалом і бічними гранями мають місце співвідношення:

$$F_1 = fN_1, H, \quad (1.3)$$

де f - коефіцієнт тертя ковзання.

$$F_2 = fN_2, H. \quad (1.4)$$

Далі зроблено припущення, що шар попередньо розрізаний тонким лезом, і ніж розсовує обидві частини шару на відстань δ (рисунок 1.4 б), що дорівнює товщині ріжучої кромки. В цьому випадку $P_p = 0$, а $P = P_0$. Виходячи з вищесказаного:

$$N_1 = \frac{P_0(\cos\beta - f\sin\beta)}{2f\cos\beta + (1 - f^2)\sin\beta}, \text{ Н}, \quad (1.5)$$

$$N_2 = \frac{P_0}{2f\cos\beta + (1 - f^2)\sin\beta}, \text{ Н}. \quad (1.6)$$

Визначивши значення сил P і P_0, експериментально можна встановити і розрахувати $P_p = P - P_0$.

Нормальне різання характеризується тим, що сили P і P_0 перпендикулярні осі шару. При швидкостях різання, незначних в порівнянні зі швидкістю поширення деформацій в стеблах, останні майже рівномірно розподіляються по всьому поперечному перерізу стебел. А це означає, що при нормальному різанні на малих швидкостях руйнування всіх структур конструкції стебла (оболонка, арматура, наповнювач) відбувається майже одночасно. Даний метод має істотний недолік, який полягає в тому, що потрібна значна кількість попередніх експериментів по визначенню P_0. Крім того, метод не враховує швидкість різання і вологість матеріалу.

Зі зміною виду різання змінюється співвідношення нормального і дотичного зусиль зрізу (рисунок 1.5).

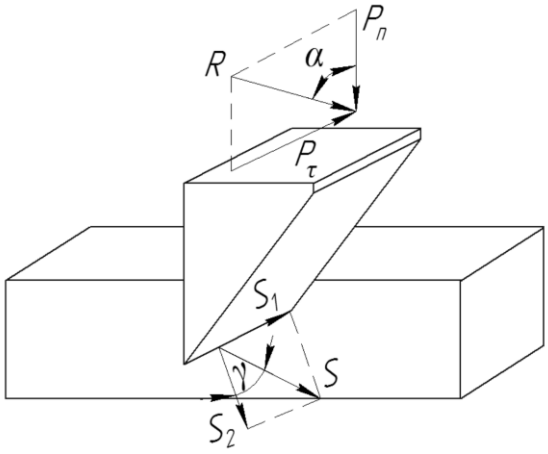


Рисунок 1.5 - Схема діючих сил

Відомо, що зі зменшенням нормальної сили P_n дотична сила різання P_τ, необхідна для виникнення різання, зростає так, що їх рівнодіюча R підтримує одну й ту величину:

$$R = \sqrt{P_n^2 + P_\tau^2}\ , \text{Н}. \qquad (1.7)$$

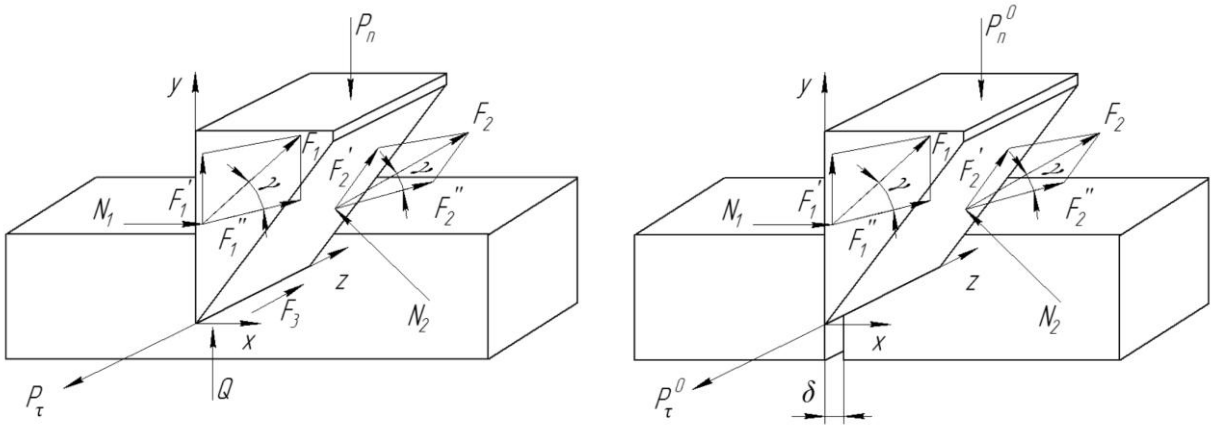
При цьому зміна кута нахилу рівнодіючої R до нормалі леза (α) від 0 до 39° збігається зі зміною кута напрямки переміщення леза, тобто кути α і γ в

межах 0-39º рівні. Збіг сили R з напрямком переміщення леза свідчить про відсутність ковзання леза по матеріалу в зазначених межах кута α (випадок нормально-дотичного різання без ковзання). Однак при подальшому зменшенні нормальної сили і відповідному зростанні сили P_τ рівність α і γ порушується, і різниця їх величин швидко зростає. При γ> α виникає ковзання леза по розрізаному матеріалу. Перерозподіл деформацій в поперечному перерізі стебла можливо тільки завдяки наявності мікрозубцов ріжучої кромки. Воно призводить до поступового руйнування волокон і пояснюється полегшенням проникнення леза в матеріал при нормально-дотичному різанні без ковзання і, особливо, при ковзному різанні.

При малих швидкостях різання контактні напруги, що призводять до руйнування волокон, досягаються за рахунок значних деформацій малої концентрації. Зі збільшенням швидкостей різання обсяги деформацій матеріалу зменшуються, а концентрація деформацій збільшується. Отже, спільне переміщення точок контакту волокон з ріжучої кромкою значно зменшується. У цьому випадку вплив кута заточування на процес проникнення леза в матеріал незначно. Але разом з тим, позитивний вплив малих кутів заточення незаперечний і пояснюється тим, що вони сприяють збільшенню концентрації деформацій рослинного матеріалу.

Метод побудови теорії нормально-дотичного різання з ковзанням полягає в наступному.

При впливі ножа на шар матеріалу (рисунок 1.6, а) на нього впливає вертикальна сила P_n, нормальні реакції N_1 і N_2, сили тертя, що діють на бічні грані F_1 і F_2, сила тертя F_3, діюча на лезо, сила опору різання Q.



а б

Рисунок 1.6 - Схема сил, що діють на ніж при ковзному різанні: а - повна схема: б - спрощена схема

Вважаючи рух ножа рівномірним, рівняння даних сил в проекціях на x, y, z приймуть вид [5]:

$$\begin{cases} -P\sin\alpha + Q + F_2\sin\gamma\cos\beta + F_1\sin \\ N_1 - F_2\sin\beta\sin\alpha - N_2\cos\beta = 0; \\ P\cos\alpha - F_3 - F_1\cos\alpha - F_2\cos\alpha = 0. \end{cases} \quad (1.8)$$

Аналогічно нагоди нормального різання, описаного вище, проводиться спрощення (рисунок 1.10, б). В цьому випадку Q = 0, F_3 = 0, а P = P_0:

$$\begin{cases} -P\sin\alpha + fN_2\sin\gamma\cos\beta + fN_1\sin\gamma + N_2\sin\beta = 0; \\ N_1 - fN_2\sin\beta\sin\alpha - N_2\cos\beta = 0; \\ P_0\cos\alpha - fN_1\cos\gamma - fN_2\cos\gamma = 0. \end{cases} \quad (1.9)$$

$$N_1 = \frac{P_0\sin\alpha(\cos\beta - f\sin\gamma\sin\beta)}{2f\sin\gamma\cos\beta + (1 - f^2\sin^2\gamma)\sin\beta}, \text{ Н.} \quad (1.10)$$

$$N_1 = \frac{P_0\sin\alpha}{2f\sin\gamma\cos\beta + (1 - f^2\sin^2\gamma)\sin\beta}, \text{ Н.} \quad (1.11)$$

Підставивши значення N_1 і N_2 в рівняння (1.9) можна отримати співвідношення кутів α і γ:

$$tg\alpha = \frac{2f\sin\gamma\cos\beta + (1 - f^2\sin^2\gamma)\sin\beta}{(1 + \cos\beta - f\sin\gamma\sin\beta)\cos\gamma}, \text{ Н.} \quad (1.12)$$

Багато дослідників пропонують силу різання визначати з виразу:

$$P_p = 2EFtg\alpha\sin^2\frac{\alpha}{2}, \text{ Н,} \quad (1.13)$$

де Е - модуль Юнга, МПа;

F - площа поперечного перерізу матеріалу, що ріжеться матеріалу, мм.

Недоліком виразу є той факт, що всі механіко-технологічні властивості матеріалу, що подрібнюється характеризуються тільки модулем пружності. Слід зазначити, що при розробці теорії різання враховують конструктивний кут різання α_1 (рисунок 1.7).

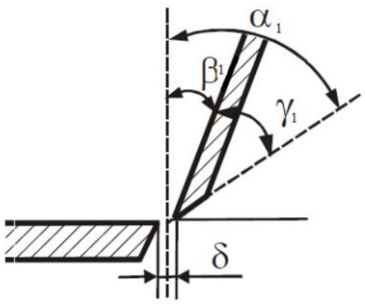


Рисунок 1.7 - Схема ріжучої пари

$$\alpha_1 = \gamma_1 + \beta_1, \text{ град} \quad (1.14)$$

де γ1 - кут заточування ножа;

β1- кут установки ножа.

Для подрібнювачів грубих кормів кут заточування ножа γ_1 = 12-22 градуси. Нижня межа кута заточування обумовлений міцністю матеріалу, а верхній - економічністю режимів різання.

З аналізу умов різання лезом слід, що для робочого процесу подрібнювачів грубих кормів основне значення мають такі параметри, як нормальний тиск ножа на матеріал і бічний ковзний рух ножа.

Кількісне співвідношення між цими параметрами характеризується значеннями коефіцієнта ковзання і коефіцієнта змінного різання. Зазор між лезом ножа і протиріжучою пластиною δ повинен бути в межах 0,5-4,6 мм.

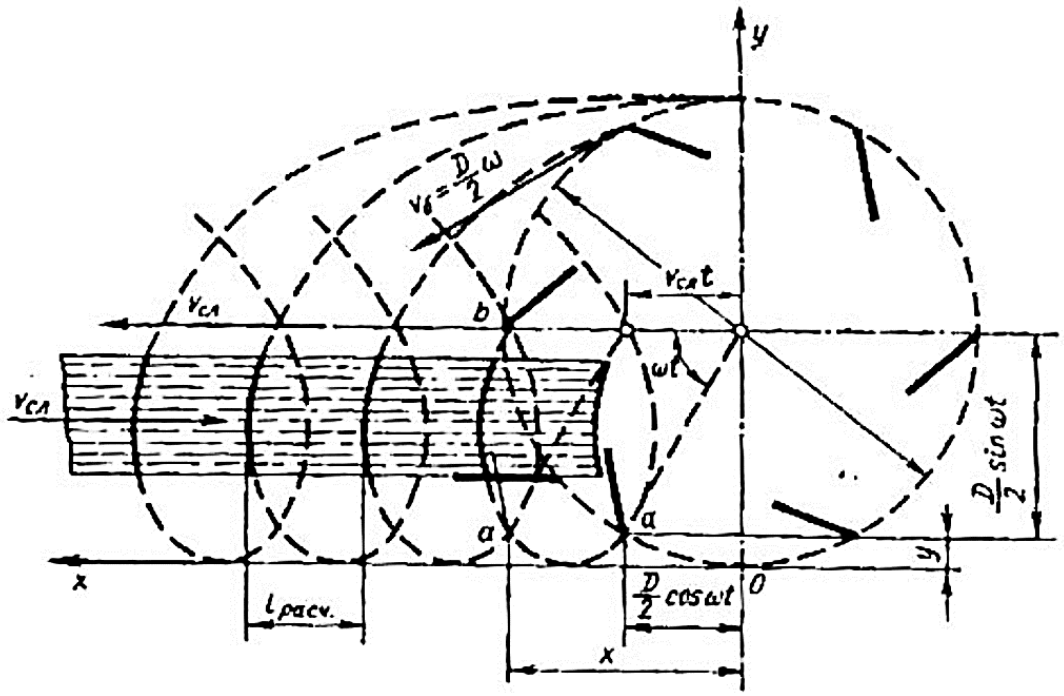
Проведений аналіз показує, що загальноприйнята теорія різання не враховує ряд істотних явищ, найважливішим з яких є неоднорідна структура будови стебел. Крім того, не завжди враховується динаміка процесу руйнування стебел, зокрема удар по стеблу. Видно, що єдиної думки про теорію подрібнення грубих стеблових кормів вчені ще поки не сформували.

Особливістю барабанних ріжучих апаратів є те, що кут α нахилу ножа щодо протиріжучої пластини і кут χ защемлення рівні один одному. Тому аналіз схеми циліндричного ріжучого апарату в площині, перпендикулярній до площини різання, зводиться до розгляду таких його параметрів, як товщина h шару, висота а розташування вала барабана над протиріжучою пластиною, діаметр барабана D у взаємозв'язку зі швидкостями $v_ш$, подачі шару матеріалу і швидкості $v_б$ обертання барабана.

Траєкторія ножів барабана щодо шару матеріалу з урахуванням одночасного обертання ножів навколо осі барабана з кутовий швидкістю ω і подачі на барабан шару маси зі швидкістю $v_ш$ може бути представлена у вигляді трохоїда (рисунок 1.8), рівняння якої в нерухомих осях координат ОХ і ОУ буде:

$$x = v_{сл}t + \frac{D}{2}\cos\omega t\ ;\ \ y = \frac{D}{2}(1-\sin\omega t)\ , \qquad (1.8)$$

де t - час, за яке барабан провернули на кут ω_t.



Малюнок 1.8 - Траєкторія руху лез ножів барабана

Тут прийнято допущення, що ні шар маси рухається поступально на барабан, а барабан на нерухомий шар зі швидкістю шару. При побудові послідовних положень ножа (рисунок 1.8) співвідношення швидкостей $v_б$ і $v_ш$ прийнято близьким до одиниці, що додало трохоїді витягнуту форму. Дане припущення є істотним недоліком запропонованої теорії, оскільки в реальності швидкість шару значно нижче швидкості барабана. Відстані між будь-якими однорідними точками суміжних відрізків трохоїди рівні між собою і є розрахунковою довжиною різання $l_{розр}$. Цю довжину можна визначити, якщо значення абсциси x відняти від значення абсциси x_b наступного ножа за умови рівності їх ординат $y=y_b$ для обох наступних положень, тобто:

$$l_{розр}=x_b-x \qquad (1.16)$$

Нехай центральний кут між ножами:

$$\theta = 2\pi/z, \tag{1.17}$$

де z - число ножів па барабані.

З рівняння (1.15) можна написати:

$$\sin \omega t = \frac{R - y}{R}, \tag{1.18}$$

звідси:

$$\cos \omega t = \sqrt{1 - (\frac{R - y}{R})^2}, \tag{1.19}$$

Підставляючи значення cosωt в рівняння (1.15), отримаємо:

$$x = v_{сл} t + R\sqrt{1 - (\frac{R - y}{R})^2}, \tag{1.20}$$

Ніж b досягне в шарі положення α із запізненням на час Δt, необхідний для повороту барабана на кут θ, тобто:

$$\Delta t = \theta/\omega. \tag{1.21}$$

Отже, абсциса для нового положення ножа b:

$$x_b = v_{сл}(t + \Delta t) + R\sqrt{1 - (\frac{R - y_b}{R})^2} \quad (1.22)$$

Підставивши значення Δt і враховуючи, що y_b=y відповідно до виразу (1.16), отримаємо:

$$l_{расч} = x_b - x = v_{сл}(t + \frac{\theta}{\omega}) + R \times \sqrt{1 - (\frac{R - y}{R})^2} - v_{сл}t - R\sqrt{1 - (\frac{R - y}{R})^2} \quad (1.23)$$

Аналіз літературних даних показує, що на даному етапі розвитку науки і техніки необхідно продовжувати дослідження процесу подрібнення стеблових кормів як теоретично, так і експериментально. При цьому необхідно теоретично обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри робочого органу подрібнювача, здатного одночасно розщеплювати стебла, руйнуючи його внутрішню структуру і здійснювати ковзне різання розщеплених стебел.

Обґрунтування даних конструктивно-технологічних параметрів, спираючись на аналіз існуючих наукових досліджень, доцільно проводити із застосуванням методик побудови математичних моделей, які будуть враховувати меншу кількість поправочних коефіцієнтів. Як відомо, більшість поправочних коефіцієнтів в теорії подрібнення стеблових кормів є функціями багатьох змінних, що вимагають серйозних досліджень. Аналіз показав, що існуючих теоретичних передумов для розробки і конструювання нових ефективних подрібнювачів недостатньо. Теорія вимагає подальшої систематизації та доопрацювання.

1.4 Висновки до розділу

1. Для подрібнення грубих стеблових кормів найбільш перспективним є

барабанний тип робочого органу, оскільки він добре узгоджується з живильним пристроєм і дозволяє ефективно застосовувати як ножі, так і шарнірно підвішені молотки різної конструкції.

2. Для подрібнення грубих стеблових кормів найбільш перспективним є ковзне різання, оскільки даний вид подрібнення, реалізований в ефективних барабанних подрібнювачах, не вимагає застосування складних робочих органів і дозволяє знизити енергоємність процесу подрібнення за рахунок раціонального розподілу сил, що діють на подрібнюють стебла. Крім того, конструкція робочих органів, що забезпечують ковзне різання, дозволяє знизити матеріаломісткість барабанних подрібнювачів.

3. Підвищити ефективність процесу подрібнення грубих стеблових кормів можна шляхом вдосконалення робочого органу подрібнювача. Вдосконалений робочий орган повинен одночасно розщеплювати стебла, руйнуючи його внутрішню структуру, і здійснювати ковзне різання розщеплених стебел.

На підставі проведеного аналізу висувається концепція ефективної механізації приготування грубих стебельчастих кормів шляхом розробки і впровадження у виробництво нового подрібнювача, здатного легко підлаштовуватися до різноманіття умов роботи.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

Метою теоретичних досліджень є математичне обґрунтування технологічного процесу подрібнення грубих стеблових кормів подрібнювачем, робочий орган якого одночасно забезпечує ударну дію на стебла і їх ковзне різання шарнірно підвішеними комбінованими ножами.

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми нового подрібнення стеблових кормів

Конструктивно-технологічна схема нового подрібнювача грубих стеблових кормів приведена на рис. 2.1.

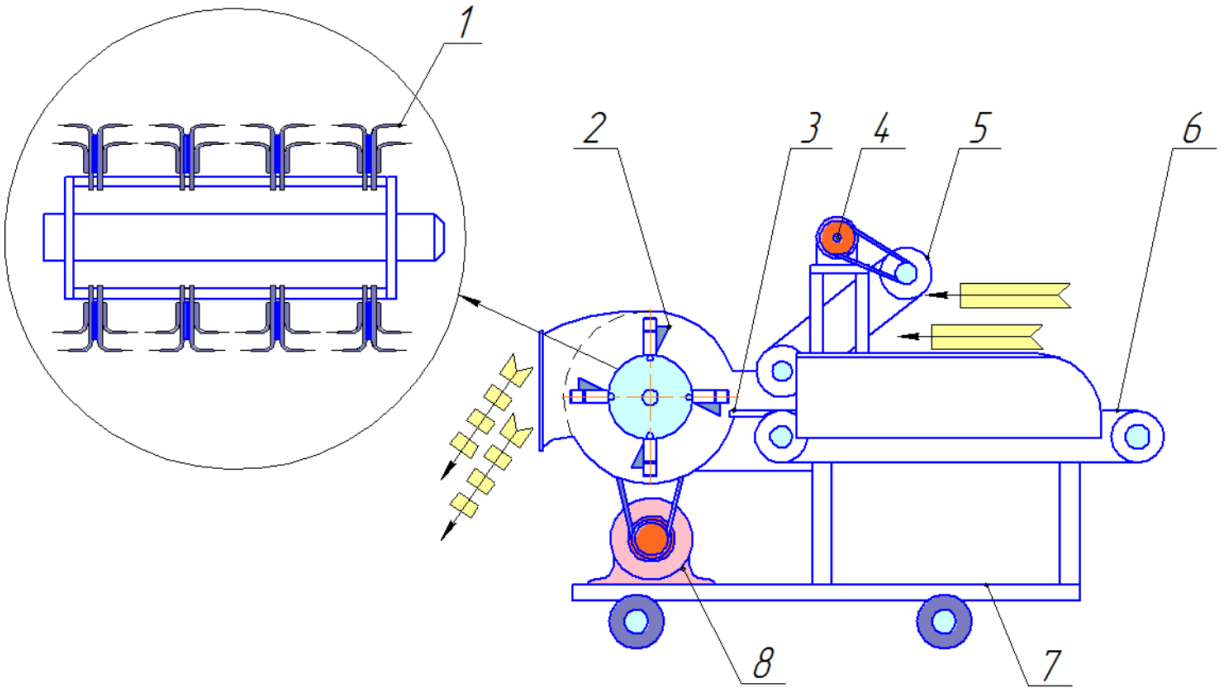


Рисунок 2.1 - Конструктивно-технологічна схема подрібнювача грубих стеблових кормів: 1 - поперечні серпоподібні леза; 2 - вертикальні клиновидні леза; 3 - протиріжуча; 4 - привід живильника; 5 - притискний транспортер; 6 - поздовжній транспортер; 7 - рама; 8 - привід барабана

Новий подрібнювач грубих стеблових кормів включає: систему завантаження (СЗ), камеру подрібнення (КП) і систему вивантаження (СВ) (рисунок 2.2).

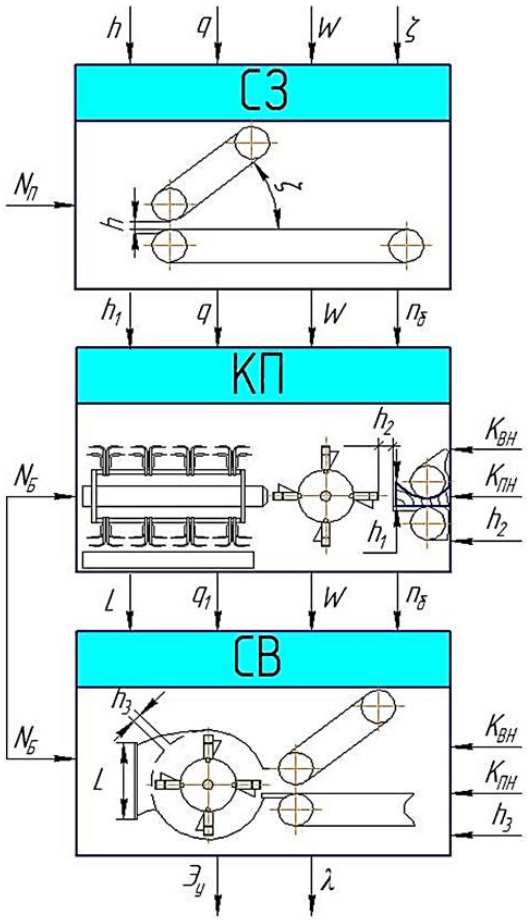


Рисунок 2.2 - Метод чорного ящика: СЗ - система завантаження; КП - камера подрібнення; СВ - система вивантаження; h - зазор між живильними вальцями; q - подача матеріалу в камеру подрібнення; W - вологість матеріалу; ζ - кут нахилу притискного транспортера; $N_П$ - потужність на привід живильника; h_1 - товщина шару матеріалу, що ріжеться; $n_б$ - частота обертання барабана; h_2 - зазор між ножами і протиріжучою; $K_{ВН}$ - кількість вертикальних лез; $B_{ПП}$ - кількість поперечних лез; $N_Б$ - потужність на привід барабана; L - розміри вивантажного вікна; q_1 - подача подрібненого матеріалу; h_3 - розмір отвору решета; h_4 - зазор між серпоподібними лезами $E_у$ - питома енергоємність процесу подрібнення; λ - ступінь подрібнення

В якості робочого органу запропонований барабан з вільно підвішеними комбінованими ножами, що включають вертикальні клиновидні і поперечні серпоподібні леза. Робочий орган забезпечує поєднання способу різання пуансоном (рубки) і різання з ковзанням. Подрібнювач працює наступним чином.

Неподрібнені стебла укладаються оператором на горизонтальний транспортер, потім вони, переміщаючись, стискаються за допомогою притискного транспортера і в спресованому вигляді подаються в подрібнюючий апарат, де здійснюється опорне різання. Вертикальні клиновидні леза розщеплюють частину стебел в поздовжньому напрямку, комбіновані ножі втрачають швидкість, при цьому забезпечуються оптимальні умови для змінного різання поперечними серпоподібними лезами. Однак ударне дія (рубка) частково зберігається, і частки стебла розщеплюються на шматки в результаті розриву прожилок стебла. При цьому опір різанню шару знижується.

Подрібнені частинки стебел повітряним потоком виводяться через вивантажувальну горловину, в якій встановлено решето. Решето дозволяє неприпустимо довгі частинки стебел відправити на доподрібнення. На підставі розрахункової моделі функціонування (метод чорного ящика (рисунок 2.2) можна виявити, що процес подрібнення грубих стеблових кормів складний, а його ефективність залежить від великої кількості діючих факторів. Ефективність процесу кількісно і якісно оцінюється двома показниками: питомою енергоємністю Еу і ступенем подрібнення λ.

При цьому функція взаємозв'язку параметрів приймає вид:

$$\begin{cases} Э_y = \Phi\left(\dfrac{N_П, N_Б, h, h_1, n_б}{q, q_1, \zeta, W, L, h_3, K_{ВН}, K_{ПН}}\right); \\ \lambda = \Phi\left(h, q, W, \zeta, h_1, n_б, h_2, K_{ВН}, K_{ПН}, L, h_3\right). \end{cases} \quad (2.1)$$

Проведений аналіз конструктивних особливостей подрібнювачів грубих стеблових кормів, будови стебла кормових культур, існуючих теоретичних досліджень і функції взаємозв'язку параметрів (2.1) дозволяє зробити наступний висновок. При різанні лезом матеріал руйнується під дією тиску вершини двогранного кута робочої частини ножа, званої лезом. Робочий процес різання

матеріалу лезом складається з двох етапів: попереднього ущільнення і різання (рисунок 2.3)

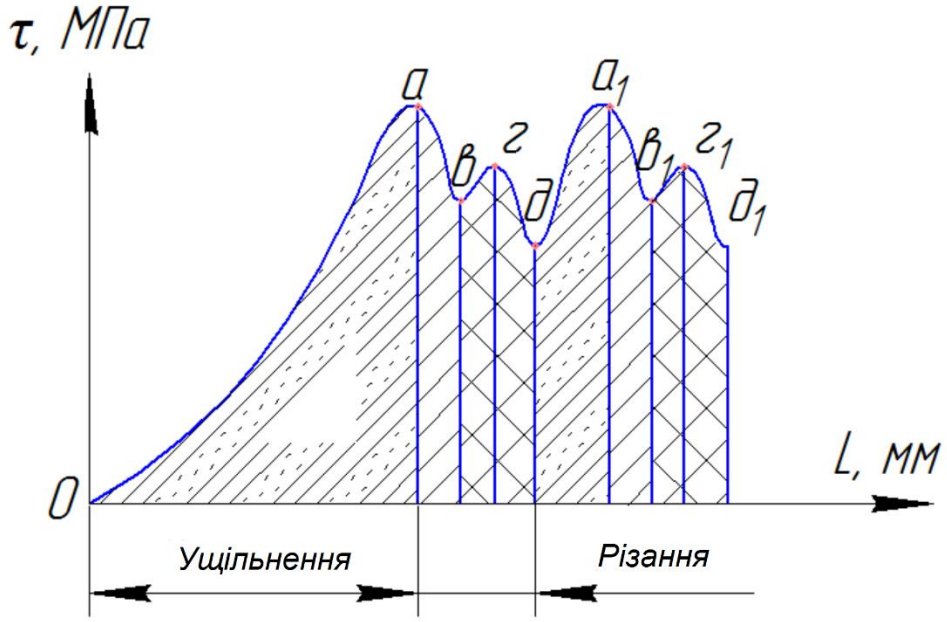


Рисунок 2.3 - Робочий процес різання матеріалу лезом

Початок кривої (0, а) - це процес стиснення стебла. Сам процес подрібнення одиничного стебла характеризується послідовною зміною пружних деформацій прожилок стебла (д, $а_1$) їх пластичною деформацією ($а_1$, $в_1$), а потім зміною пружних деформацій основного матеріалу стебла ($в_1$, $г_1$) і його пластичною деформацією ($г_1$, $д_1$). Процес подрібнення, без урахування стиснення, чотири етапний, а як наслідок, робочий орган повинен бути таким, щоб всі етапи виконувалися ефективно. Зі сказаного раніше можна зробити наступне наукове припущення. Підвищити ефективність технологічного процесу подрібнення грубих стеблових кормів можна шляхом застосування робочого органу, оснащеного вільно підвішеними комбінованими ножами, що включають вертикальні клиновидні і поперечні серпоподібні леза, що дозволяють раціонально створювати всі необхідні пружні і пластичні деформації матеріалу, що

подрібнюється при поєднанні рубки і змінного різання. З вищевикладеного випливає, що опір різанню рівний:

$$P_{заг} = \sum_{i=1}^{n} P_1 + \sum_{j=1}^{m} P_2 , \qquad (2.2)$$

де P_1 - опір різанню прожилок стебла, Н;

P_2 - опір різанню основного матеріалу стебла, Н;

n - кількість прожилок стебел знаходяться в шарі, штук;

m - кількість шарів основного матеріалу стебел, які перебувають в шарі, штук.

В процесі роботи комбіновані ножі можуть здійснювати наступні дії: розщеплення стебла вертикальними клиноподібними лезами (рисунок 2.4, а), різання стебла серпоподібними лезами, встановленими в кілька ярусів (рисунок 2.4, б) і одночасне дію двох видів лез (рисунок 2.4, в).

а б в

Рисунок 2.4 - Види взаємодії комбінованого ножа зі стеблом

При будь-якому вигляді взаємодії комбінованих ножів зі стеблом процес різання можна розділити на етап зміни форми поперечного перетину стебла від круглої до еліптичної (стиснення стебла) і етап зміни площі зрізу в часі. Динаміка протікання етапів у часі залежить від конструктивних особливостей

лез, режимів різання і конструктивно-структурних характеристик тіла стебла. Для визначення конструктивних особливостей робочого органу і режимів різання необхідно провести теоретичні дослідження.

2.2 Теоретичне обґрунтування продуктивності подрібнювача

Продуктивність подрібнювача - це здатність робочого органу в одиницю часу t, всіма ножами одночасно відсікати (відрізати) деяку площу (або об'єм) від сумарного поперечного перерізу (або об'єму) шару грубих стеблових кормів, що подається на подрібнення.

$$W_{us} = \frac{n_н S_c}{t}, \text{ м}^2/\text{с}, \tag{2.3}$$

де S_c - площа поперечного перерізу частинки стебла, яку відсікає серповидне лезо;

$n_н$ - кількість лез на ножі.

Переріз стебла в стислому вигляді представляє собою еліпс, математичне канонічне рівняння якого має вигляд

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \tag{2.4}$$

де a - велика піввісь;

b - мала піввісь.

З виразу 2.4. випливає:

$$y = \pm b^2 \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} = \pm \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} \ . \tag{2.5}$$

Верх еліпса:

$$y = f(x) = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} \ . \tag{2.6}$$

Низ еліпса:

$$y = -f(x) = -\frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} \ . \tag{2.7}$$

У своїй роботі Н.Є. Резнік довів, що найбільш раціональною формою криволінійного леза ножа є форма спіралі Архімеда. Рівняння Архімедової спіралі в полярній системі координат:

$$\rho = \rho(\varphi) = \varphi_0 + k\varphi, \tag{2.8}$$

де φ_0 - початкова кутове положення;

φ - кут повороту променя, по якому переміщається точка, що описує траєкторію спіралі;

k - зміщення точки по променю.

Схема різання одиничного стебла приведена на рис. 2.5.

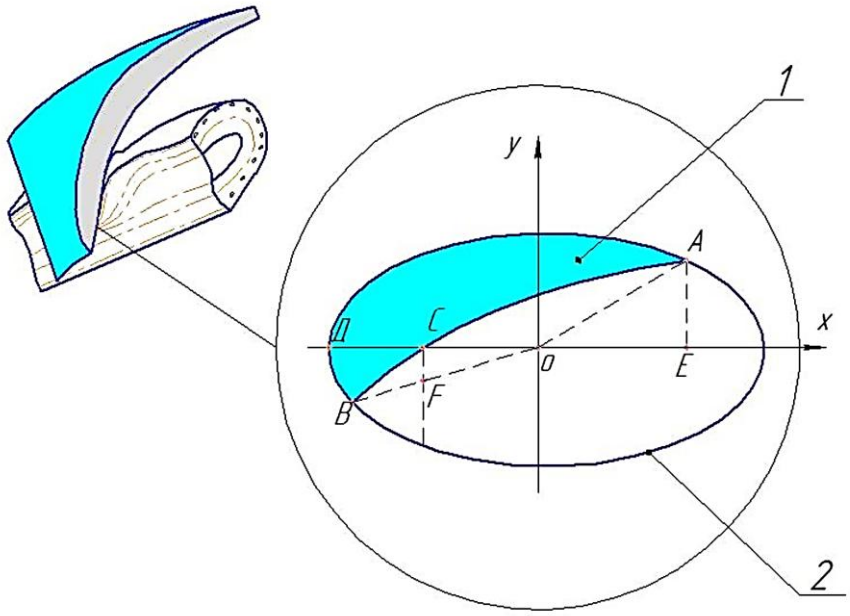


Рисунок 2.5 - Переріз стебла в процесі різання: 1 - площа поперечного перерізу стебла, яку відсікає ніж; 2 - поперечний переріз стебла в стиснутому вигляді

Площа поперечного перерізу стебла, яку відсікає ніж, визначається за допомогою певного інтеграла. Межі інтегрування (координати точок А і В) отримаємо з системи рівнянь $\pm f(x)$. У полярних координатах $\rho = f(\varphi)$ і рівняння $\rho=\rho(\varphi)$.

$$\rho=f(\varphi) \qquad \varphi(a^2\sin^2\varphi + b^2\cos^2\varphi) = a^2 b^2. \tag{2.9}$$

Отримаємо

$$\begin{cases} \rho = \dfrac{ab}{\sqrt{a^2\sin^2\varphi + b^2\cos^2\varphi}} \\ \rho = \varphi \end{cases} \tag{2.10}$$

Рівняння алгебраїчно не вирішується, запишемо значення в загальному вигляді:

$$A\ (\varphi_A,\ \rho_A)\ \text{або}\ A\ (x_A,\ y_A). \tag{2.11}$$

$$B\ (\varphi_B,\ \rho_B)\ \text{або}\ B\ (x_B,\ y_B). \tag{2.12}$$

$$C\ (-\varphi_0 - k\pi;0). \tag{2.13}$$

$$Д\ (-\ a,\ 0). \tag{2.14}$$

Інтегрувати $f\ (x)$ доцільно в декартових, а $\rho(\varphi)$ в полярних координатах, отримаємо:

$$\begin{aligned}
S_c &= \int_{X_O}^{X_A} f(x)dx + \int_{X_O}^{X_B} f(x)dx - \int_{\varphi_A}^{\varphi_C} \rho^2(\varphi)d\varphi - S_{\Delta OAE} + \left(\int_{\varphi_C}^{\varphi_B} \rho^2(\varphi)d\varphi - S_{\Delta OCF} \right) = \\
&= \frac{b}{a}\int_{-a}^{X_A} \sqrt{a^2 - x^2}\,dx + \frac{b}{a}\int_{-a}^{X_B} \sqrt{a^2 - x^2}\,dx - \int_{\varphi_A}^{\varphi_B} (\varphi_o + k\varphi)^2 d\varphi - \frac{x_A y_A}{2} - \frac{(\varphi_o + k\pi)^2 tg\varphi_B}{2} = \\
&= \left(\frac{bx}{2a}\sqrt{a^2 - x^2} + \frac{ab}{2}\arcsin\frac{x}{a} \right)\Bigg|_{-a}^{x_A} + \left(\frac{bx}{2a}\sqrt{a^2 - x^2} + \frac{ab}{2}\arcsin\frac{x}{a} \right)\Bigg|_{-a}^{x_C} - \\
&- \frac{1}{k}\int_{\varphi_A}^{\varphi_B} (\varphi_o + k\varphi)^2 d(\varphi_o + k\varphi) - \frac{x_A y_A + (\varphi_o + k\pi)^2 tg\varphi_B}{2} = \\
&= \frac{bx_A}{2a}\sqrt{a^2 - x_A^{\,2}} + \frac{ab}{2}\arcsin\frac{x_A}{a} + \frac{bx_C}{2a}\sqrt{a^2 - x_C^{\,2}} + \frac{ab}{2}\arcsin\frac{x_C}{a} + \\
&+ \frac{ab}{2}\arcsin(-1) - \frac{x_A y_A + (\varphi_o + k\pi)^2 tg\varphi}{2}
\end{aligned} \tag{2.15}$$

Провівши остаточні перетворення (2.15), отримаємо:

$$\begin{aligned}
S_c &= \frac{b}{2a}\left(x_A\sqrt{a^2 - x_A^{\,2}} + x_C\sqrt{a^2 - x_C^{\,2}} \right) + \frac{ab}{2}\left(\arcsin\frac{x_A}{a} + \arcsin\frac{x_C}{a} \right) \\
&- \frac{3ab\pi + x_A y_A (\varphi_o + k\pi)^2 tg\varphi}{2}
\end{aligned} \tag{2.16}$$

Об’єднуючи (2.3) і (2.16), отримаємо:

$$W_{us} = \frac{bn_u}{2at}\left(x_A\sqrt{a^2 - x_A^{\,2}} + x_C\sqrt{a^2 - x_C^{\,2}}\right) + \frac{ab}{2}\left(\arcsin\frac{x_A}{a} + \arcsin\frac{x_C}{a}\right) - \frac{3ab\pi + x_A y_A(\varphi_o + k\pi)^2 tg\varphi}{2}, \text{ м}^2/\text{с}. \quad (2.17)$$

Наведені вище теоретичні передумови засновані на припущенні, що в процесі подрібнення під дією сил удару і різання частка стебла буде розщеплена на кілька частин в поздовжній площині. У загальному випадку процес подрібнення стеблових кормових матеріалів серпоподібними лезами комбінованих ножів протікає в такий спосіб.

Етап 1. Лезо знаходиться в безпосередній близькості зі стеблом (до початку контакту), а стебло зберігає циліндричну форму (рисунок 2.6).

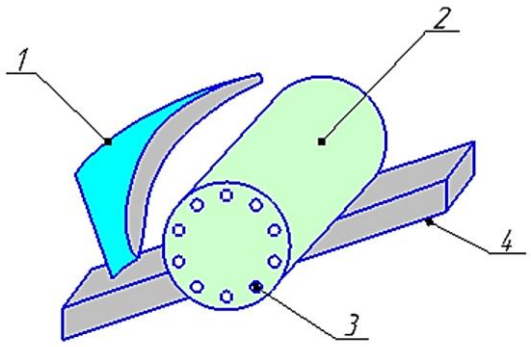


Рисунок 2.6 - До обґрунтування процесу подрібнення: 1 - серповидне лезо комбінованого ножа; 2 - стебло; 3 - прожилки; 4 - протирізальна пластина

Етап 2. Початок контакту (момент пружних деформацій прожилок і стебла), при цьому стебло стискається і його круглий переріз переходить в еліпс (рисунок 2.7).

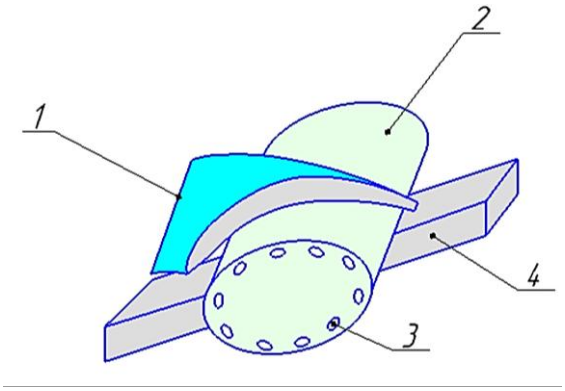


Рисунок 2.7 - Перетворення круглого перетину стебла в еліптичне: 1 - серповидне лезо комбінованого ножа; 2 - стебло; 3 - прожилки; 4 - протирізальна пластина

Лезо відрізає цілий шматок заданої довжини (етап 3). У цьому випадку поверхня зрізу фактично являє собою перетин циліндра, яким є стебло корму діаметром d. Замінимо ріжучий інструмент циліндром з діаметром D, причому D >> d. Вісь стебла близька до осі поверхні різання. У цьому випадку (з огляду на, що D >> d), еліптичність поверхні зрізу практично не помітна, і він, фактично, являє собою площину. Схема представлена на рис. 2.8.

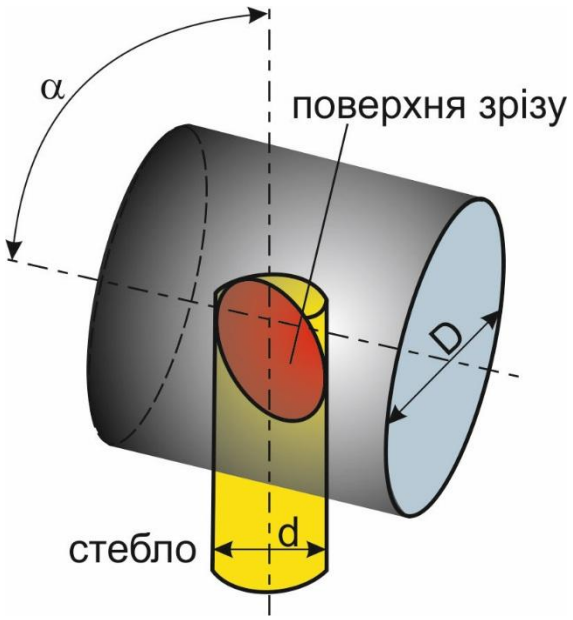


Рисунок 2.8 - Схема подрібнення

Тоді задача тривіально зводиться до пошуку об’єму усіченого площиною циліндра, наведеного на рис 2.9:

$$V = S_{осн}h, \text{ м}^3, \tag{2.18}$$

де $h_{ср}$ - середня висота циліндра.

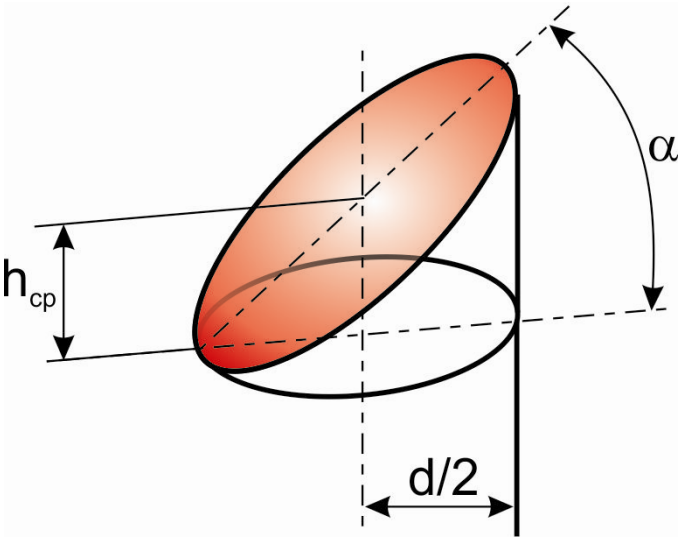


Рисунок 2.9 - Схема частки стебла, що відсікається

Маємо:

$$h_{ср} = \frac{d \sin \alpha}{2}, \tag{2.19}$$

$$S_{осн} = \frac{\pi d^2}{4}. \tag{2.20}$$

Тоді, об’єм частини, яка відсікається складе:

$$V = \frac{\pi d^2}{4}\frac{d\sin\alpha}{2} = \frac{\pi d^3}{8}\sin\alpha. \quad (2.21)$$

Відповідно до рис. 2.2. і виразу (2.1), довжина різання складе:

$$l_0 = \frac{v_ш}{n_б \cdot K_{ПН}}, \text{м}, \quad (2.22)$$

де $v_ш$ - швидкість подачі шару на подрібнення, м/с (рисунок 2.10);

l_0 - довжина стебла від кромки до точки дотику ріжучого інструменту.

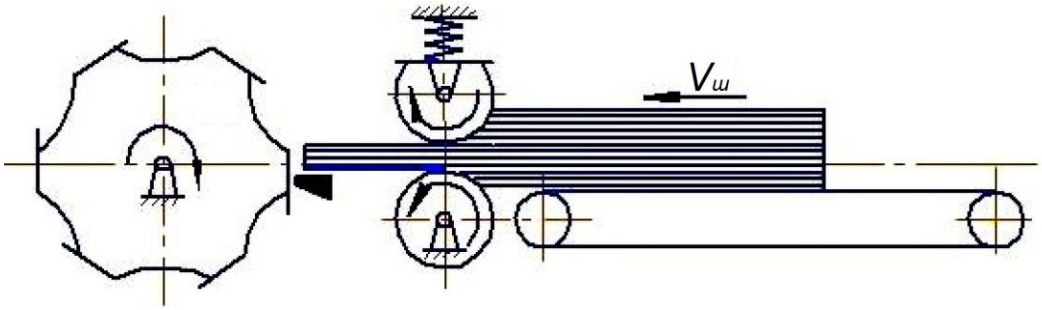


Рисунок 2.10 - Схема подачі шару на подрібнення

Кутова швидкість робочого органу

$$\omega_б = v_ш \frac{\theta}{l_0}, \text{с}^{-1}, \quad (2.22)$$

де θ - центральний кут між ножами.

Знаючи об'єм частинок, які відсікаються, продуктивність подрібнювача визначимо з виразу:

$$W_{ич} = \rho_c \cdot K_{ПН}\frac{\beta_1}{\beta_2}\cdot\frac{v_{сл}\cdot\theta}{l_0\cdot 2\pi}\cdot\psi \quad (2.23)$$

де ρ_c - об'ємна маса корму, кг/м^3 (ρ_c приймають: для соломи - 54 - 100 кг/м^3; для стеблових кормів - 90 - 120 кг/м^3; силосу - 405 кг/м^3; зеленої маси - 234 кг/м^3);

β_1- кут установки ножів першого ярусу до удару, град;

β_2- кут установки ножів другого ярусу після удару, град;

ψ - коефіцієнт, що враховує зниження пропускної здатності барабанного подрібнювача через недосконалість живильного апарата (ψ = 0,5 - 0,7).

Зміна кута установки ножів другого ярусу після удару визначаться стандартними методами теоретичної механіки (наприклад, через зміну напрямку імпульсу тіла). На підставі (2.23) побудована теоретична залежність продуктивності нового подрібнювача від частоти обертання його робочого органу (рисунок 2.11).

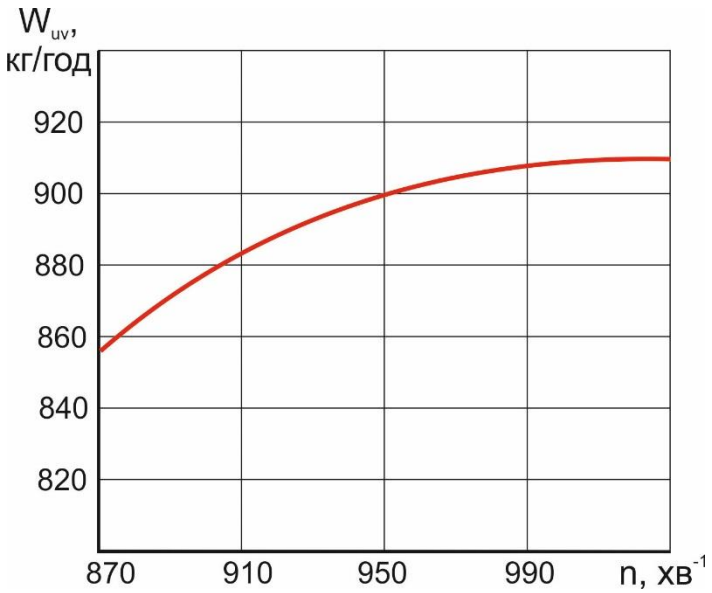


Рисунок 2.11 - Теоретична залежність продуктивності нового подрібнювача від частоти обертання його робочого органу

Аналіз представленої теоретичної залежності продуктивності нового подрібнювача від частоти обертання його робочого органу показав, що максимальна продуктивність досягається в інтервалі частот обертання робочого органу

950-1030 об/хв. При цьому максимальна теоретична продуктивність подрібнювача пропонованої конструкції сягає 921 кг/год. Також видно, що після 990 об/хв продуктивність істотно не змінюється. Це вказує на те, що другий ярус лез на комбінованих ножах починає працювати неефективно через збільшення кута установки другого ярусу лез після удару першим ярусом по стеблу.

Збільшення кута установки другого ярусу лез призводить до того, що леза ножів перестають впливати на стебло ріжучої кромкою і починають перебивати стебло площиною, подібно до молотків. В таких умовах принцип ковзного різання стає неможливий і ефективність процесу знижується. Збільшення частоти обертання робочого органу вище 1030 об/хв недоцільно, оскільки ножі другого ярусу працюватимуть неефективно, як наслідок, подрібнюючий апарат, не справляючись з подачею, почне забиватися і продуктивність знизиться.

2.3 Теоретичне обґрунтування витрат потужності на подрібнення

У своїй роботі «Кормозбиральні комбайни: теорія і розрахунок» професор Н.Є. Резнік для розрахунку потужності витраченої на подрібнення стебел ножовим барабаном запропонував вираз:

$$N_б = q_y \cdot \frac{S_c \cdot K_{ПН} \cdot n_б}{60}, \text{ Вт.} \qquad (2.24)$$

де $q_п$ - питомий тиск ножа, Н/м;

S_c - площа розрізу одним лезом, м;

$n_б$ - частота обертання барабана, об/хв.

Схема сил, що діють на стебло, наведена на рис. 2.15.

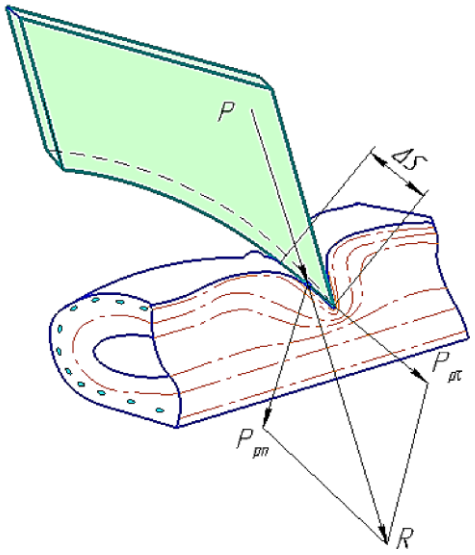


Рисунок 2.12 - До визначення питомого тиску ножа

Питомим тиском називається відношення нормально діючої сили P_{pn} до завантаженої частини леза ножа ΔS:

$$q_n = \frac{P_{pn}}{\Delta S}, \text{Вт}, \tag{2.25}$$

При наявності бічної сили $P_{p\tau}$ і ковзного руху ножа величина потрібного нормального тиску зменшується. Об'єднуючи (2.24) і (2.25), отримаємо:

$$N_б = \frac{P_{pn} \cdot S_c \cdot K_{ПН} \cdot n_б}{\Delta S \cdot 60}, \tag{2.26}$$

Об'єднуючи (2.16) і (2.26), отримаємо:

$$N_б = \left(\begin{array}{l} \frac{b}{2a}\left(x_A\sqrt{a^2 - x_A{}^2} + x_C\sqrt{a^2 - x_C{}^2} \right) + \\ + \frac{ab}{2}\left(\arcsin\frac{x_A}{a} + \arcsin\frac{x_C}{a} \right) - \\ -1{,}5ab\pi + 0{,}5x_A y_A (\varphi_o + k\pi)^2 tg\varphi \end{array} \right) \cdot \frac{P_{рп} \cdot K_{ПН} \cdot n_б}{\Delta S \cdot 60}, \text{ Вт.} \quad (2.27)$$

Оскільки робочий процес різання матеріалу лезом складається з двох етапів: попереднього ущільнення і різання (рис. 2.3), тоді:

$$P_{рп} = P_{рп1} + P_{рп2} + P_{рп3} + P_{рп4}, \text{ Н.} \quad (2.28)$$

де $P_{рп1}$ - сила , що створює пружні деформації прожилок стебла, Н;

$P_{рп2}$ - сила, що створює пластичні деформації прожилок стебла, Н;

$P_{рп3}$ - сила, що створює пружні деформації основного матеріалу стебла, Н;

$P_{рп4}$ - сила, що створює пластичні деформації основного матеріалу, Н.

Отже, сила, що руйнує прожилки, рівна

$$P'_{рп} = P_{рп1} + P_{рп2}, \text{ Н.} \quad (2.29)$$

Сила, що руйнує основний матеріал

$$P''_{рп} = P_{рп3} + P_{рп4}, \text{ Н.} \quad (2.30)$$

Тоді:

$$P_{рп} = P'_{рп} + P''_{рп}, \text{ Н.} \quad (2.31)$$

При нормальній дії ножа на стебло в зоні руйнування останнього виникають нормальні напруження. У поперечних перетинах стрижня виникають нормальні напруження, які, відповідно до гіпотези плоских поперечних перерізів, рівномірно розподілені по всій площі перетину і дорівнюють відношенню сили до площі поперечного перерізу:

$$\sigma = \frac{P_{pn}^{/}}{\Sigma S_{П}} + \frac{P_{pn}^{//}}{\Sigma S_{o}}, \text{ Па}, \tag{2.32}$$

де $\Sigma S_{П}$ - загальна площа поперечного перерізу прожилок стебла, м^2;

ΣS_{o} - загальна площа поперечного перерізу основного матеріалу, м^2.

Тоді:

$$P_{pn} = \frac{\Delta h_i^{/} \cdot E^{/} \cdot \Sigma S_{П}}{h_i^{/}} + \frac{\Delta h_i^{//} \cdot E^{//} \cdot \Sigma S_{o}}{h_i^{//}}, \text{ Н}. \tag{2.33}$$

Зробивши друге припущення, можна зробити висновок, що абсолютну деформацію матеріалу шару стебла, що подрібнюється та викликає появу розрізу можна визначити згідно відомої теорії, запропонованої В.П. Горячкіним з виразу шляху змяття:

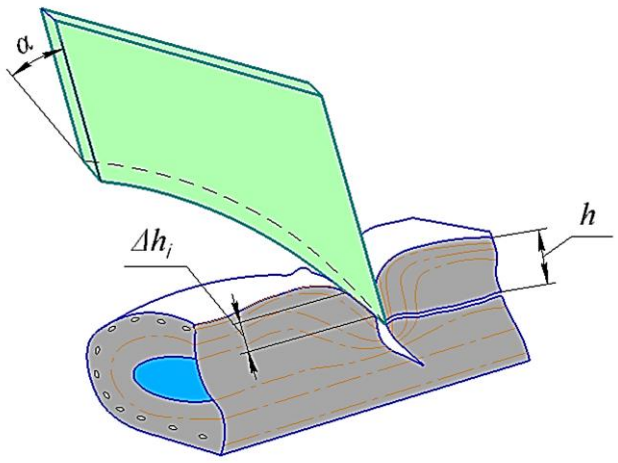


Рисунок 2.13 - Схема заглиблення клина в матеріал

$$\Delta h_i = h\frac{\cos\varphi_1 \cdot \sin^2\left[\left(90^\circ - \varphi_1\right)/2\right]\cos\left[\left(\varphi_1 + \varphi_2 - \alpha\right)/2\right]}{\cos^3\left(\frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \alpha}{2}\right)}, \text{ м}, \qquad (2.34)$$

де h - товщина стружки, м;

α - кут різання, градус;

φ_1 - кут тертя матеріалу по гранях клина, градус;

φ_2 - кут тертя в площині сколювання, градус.

Об'єднуючи (2.30, і 2.33) і з урахуванням (2.34) отримаємо вираз:

$$N_б = \frac{K_{ПН} \cdot n_б}{\Delta S \cdot 60} \cdot \left(\frac{\Delta h_i^{/} \cdot E^{/} \cdot \Sigma S_П}{h_i^{/}} + \frac{\Delta h_i^{//} \cdot E^{//} \cdot \Sigma S_o}{h_i^{//}}\right) \qquad (2.35)$$

Вираз (2.35) не враховує сили тертя, що діють на бічні грані F_1 і F_2, і силу тертя F_3, що діє на лезо (рисунок 2.14).

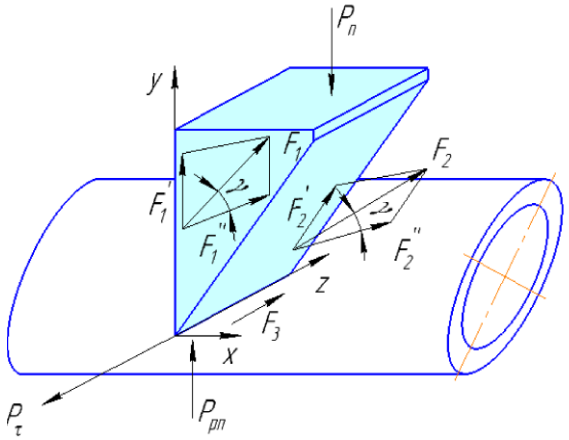


Рисунок 2.14 - Схема сил, що діють на лезо комбінованого ножа

Отже,

$$N_б = \frac{K_{ПН} \cdot n_б}{\Delta S \cdot 60} \cdot \left(\frac{\Delta h_i^{/} \cdot E^{/} \cdot \Sigma S_П}{h_i^{/}} + \frac{\Delta h_i^{//} \cdot E^{//} \cdot \Sigma S_o}{h_i^{//}} + \sum_{i=1}^{n} F_i \right) \qquad (2.36)$$

де F_1 - абсолютне значення сили тертя матеріалу об тильну частину леза, Н;

F_2 - абсолютне значення сили тертя матеріалу об вертикальну частину леза, Н;

F_3 - абсолютне значення сили тертя матеріалу об ріжучу кромку леза, Н.

На підставі (2.36) побудована теоретична залежність витрат потужності на подрібнення стеблових кормів від частоти обертання його робочого органу (рисунок 2.15).

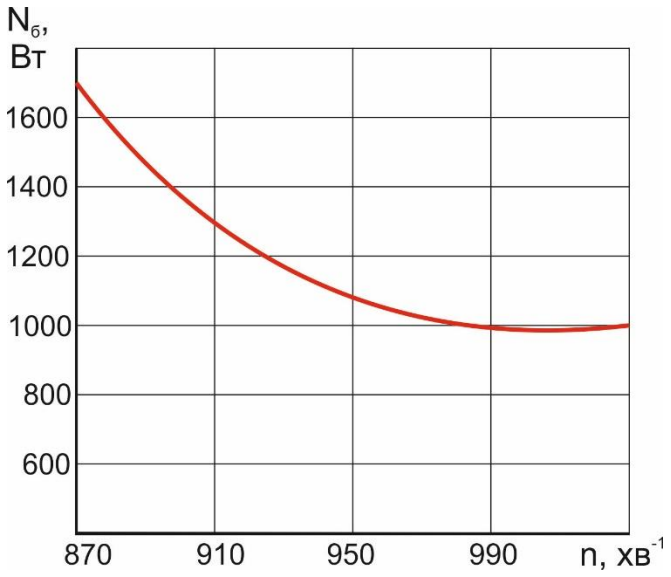


Рисунок 2.15 - Теоретична залежність витрат потужності на подрібнення стеблових кормів від частоти обертання його робочого органу

Аналізуючи графічну залежність видно, що раціональним є інтервал частот обертання робочого органу 950-1030 об/хв. В даному раціональному інтервалі функція витрат потужності досягає свого мінімуму (нижній екстремум функції) при частоті обертання робочого органу 990 об/хв.

При зменшенні або збільшенні частоти обертання робочого органу щодо точки нижнього екстремуму значення потужності починає плавно зростати, що вказує на початок переважання рубки над ковзним різанням, внаслідок чого нераціонально використовується робоча частина леза (зменшується його завантажена частина) і збільшуються абсолютні значення сил тертя.

2.4 Висновки по розділу

1. Дослідження доводять можливість підвищення ефективності процесу подрібнення грубих кормів з міцним стеблом (наприклад, кукурудза) шляхом застосування робочого органу, який одночасно забезпечує ударну дію на стебла і їх ковзне різання шарнірно підвішеними комбінованими ножами.

2. Теоретичні дослідження показали, що максимальна продуктивність подрібнювача пропонованої конструкції 909-921 кг/год досягається в діапазоні частот 950-1030 об/хв., однак перевищення частоти обертання робочого органу вище 990 об/хв. недоцільно, оскільки другий ярус лез на комбінованих ножах починає працювати неефективно через збільшеного кута установки другого ярусу лез після удару першим ярусом про стебло. Крім того, в діапазоні частот обертання робочого органу 950-1030 об/хв забезпечується режим мінімальних витрат потужності на подрібнення, які складають 1,01-1,1 кВт.

3. В оптимальному режимі подрібнення потужність, потрібна на холостий хід робочого органу, складе 0,33 кВт, необхідна потужність електродвигуна, з урахуванням коефіцієнта подолання інерції при пуску, складе 1,6 кВт, а питома енергоємність процесу подрібнення мінімальна і становить 1,1-1,2 кВт/т.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводилися з метою перевірки адекватності нових теоретичних передумов, наведених у другому розділі даної роботи. Для системного проведення експериментів розроблена програма досліджень, відповідно до якої необхідно:

1. Налаштувати, тарувати і тестувати контрольно-вимірювальну і реєструє апаратуру.

2. У системі однофакторних експериментів досліджувати вплив конструктивно-технологічних параметрів нового подрібнювача на ефективність його роботи:

2.1 Дослідити продуктивність подрібнювача.

2.2. Дослідити енергетику процесу подрібнення.

Змінні фактори, що застосовуються в пункті 2 програми наступні:

- частота обертання барабана;

- подача кормів на подрібнення;

- кількість вільно підвішених комбінованих ножів на барабані;

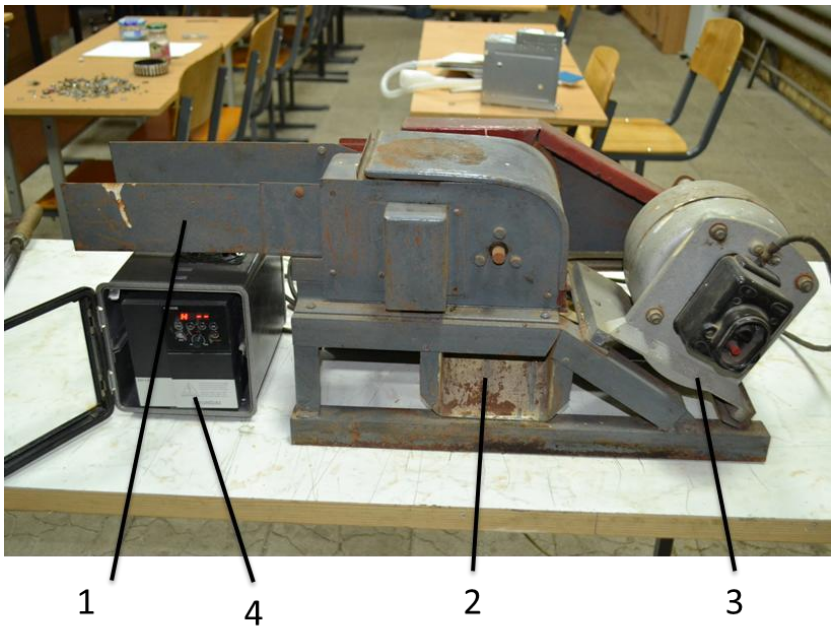
- зазор між серпоподібними лезами ножів.

3. Провести графоаналітичний обробку отриманих результатів і зробити адекватні висновки.

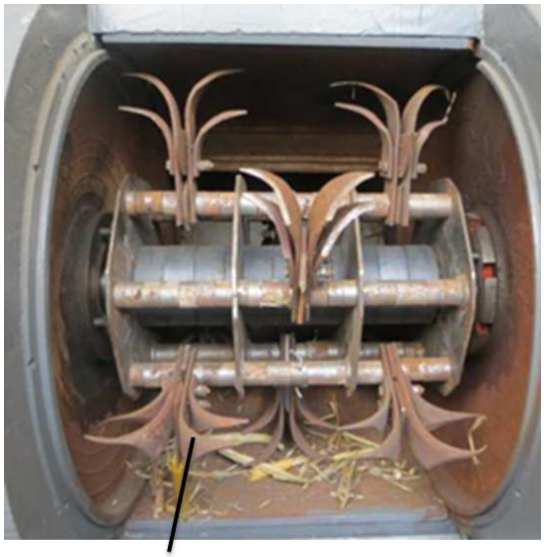
Експериментальні дослідження макетного зразка подрібнювача стеблових кормів проводилися в лабораторії кафедри «Механізації виробничих процесів у тваринництві» Дніпровського державного аграрно-економічного університету за стандартними та розробленими методиками на експериментальному стенді (рис. 3.1).

3.2 Експериментальна установка

Для проведення експериментальних досліджень була спроектована і виготовлена експериментальна установка, яка складається з живильного транспортера 1, вивантажувального вікна 2, подрібнюючого барабана з комбінованими ножами 5, приводу 3 та частотний регулятор Hyundai N700E-015SF (рис. 3.1).



а



б

Рисунок 3.1 - Загальний вигляд експериментальної установки (а) та розробленого барабана (б): 1 – живильний транспортер; 2 – розвантажувальна горловина; 3 – електродвигун приводу;4 – частотний регулятор Hyundai N700E-015SF; 5 – комбіновані ножі

Робочий орган - барабан, оснащений вільно підвішеними комбінованими ножами, що включають вертикальні клиновидні і поперечні серпоподібні леза (рисунок 3.1, б). Робочий орган забезпечує одночасне поздовжнє дроблення стебел і поперечне різання шару.

3.3 Результати досліджень та їх аналіз

3.3.1 Результати проведення однофакторних експериментальних досліджень продуктивності подрібнювача

Метою даних досліджень було встановлення впливу частоти обертання робочого органу, кількості комбінованих ножів робочого органу і подачі матеріалу в подрібнювач на його продуктивність. При проведенні досліджень забезпечувалася подача 0,15; 0,20; 0,25 і 0,30 кг/с (540; 720; 900; 1080 кг/год). Встановлювалася частота обертання робочого органу 870, 910, 950, 990 і 1030 об/хв.

Результати проведених експериментальних досліджень залежності продуктивності подрібнювача від частоти обертання робочого органу і кількості

комбінованих ножів при різної подачі матеріалу на подрібнення наведені на рис. 3.2-3.4.

Як видно з наведених експериментальних залежностей, збільшувати подачу більше 0,25 кг/с (900 кг/год) недоцільно, оскільки навіть при такій подачі подрібнювач досягає своєї максимально можливої продуктивності 0,246 кг/с (884 кг/год). Виходячи з цього, експериментальні дослідження на подачі 0,30 кг/с (1080 кг/год) не проводилися. Аналіз отриманих експериментальних даних показав, що раціональна частота обертання робочого органу знаходиться в інтервалі 910-1030 об/хв.

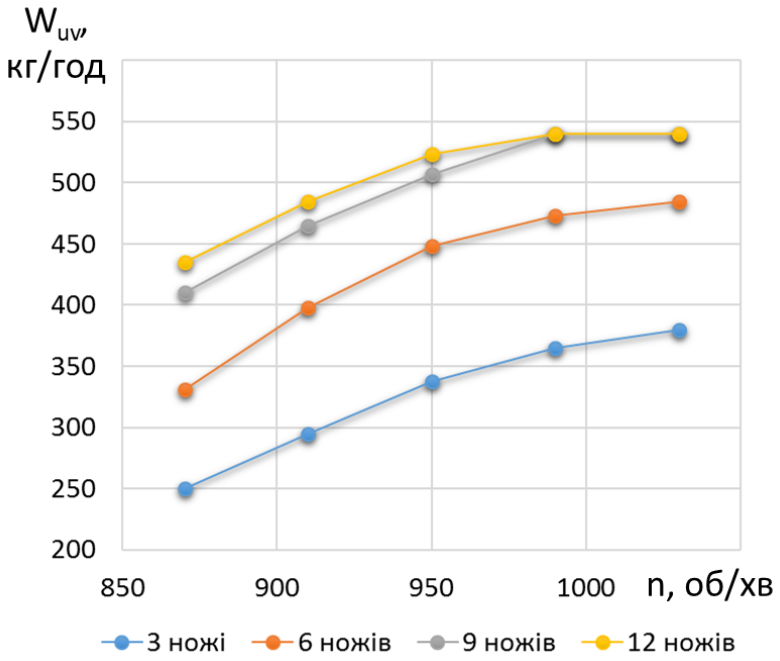


Рисунок 3.2 - Експериментальна залежність продуктивності подрібнювача від частоти обертання робочого органу і кількості комбінованих ножів при подачі стебел на подрібнення 0,15 кг/с (540 кг / год):

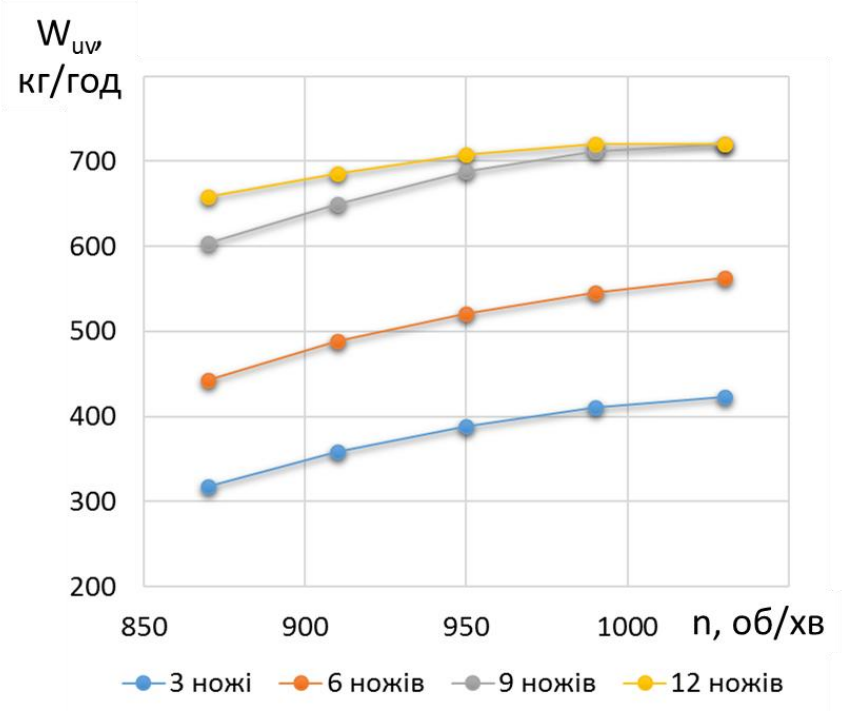


Рисунок 3.3 - Експериментальна залежність продуктивності подрібнювача від частоти обертання робочого органу і кількості комбінованих ножів при подачі стебел на подрібнення 0,20 кг/с (720 кг/год)

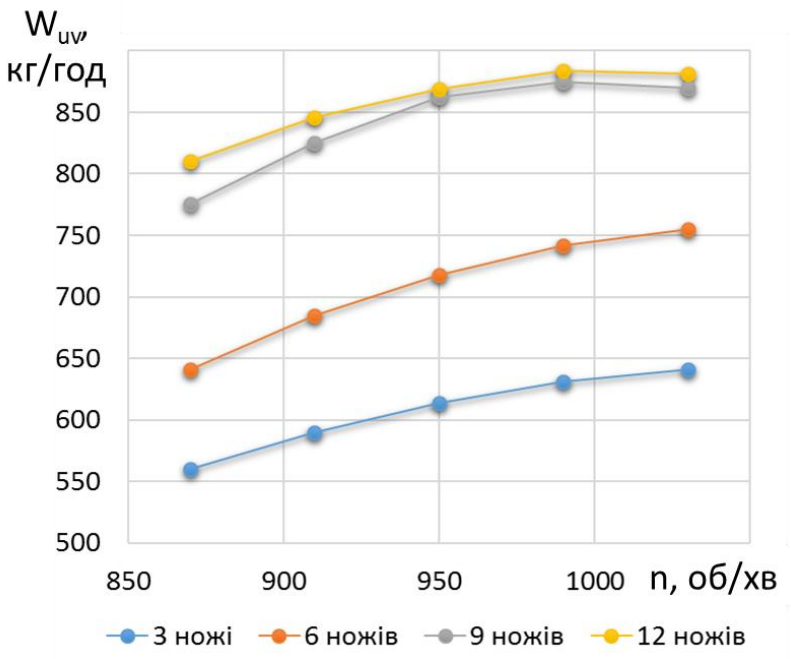


Рисунок 3.4 - Експериментальна залежність продуктивності подрібнювача від частоти обертання робочого органу і кількості комбінованих ножів при подачі стебел на подрібнення 0,25 кг/с (900 кг/год)

При даній частоті обертання робочого органу досягається максимальна продуктивність подрібнювача 825-884 кг/год, причому подрібнена маса повністю виводиться повітряним потоком в вивантажний отвір. Збільшувати частоту обертання робочого органу вище 1030 об/хв недоцільно, оскільки вже при даній частоті і подачі 0,25 кг/с настає дисонанс продуктивності робочого органу і пропускної здатності решета. В результаті чого решето не може пропустити ту кількість подрібненої маси, яке виробляє робочий орган. Виникає необхідність у збільшенні розміру отворів решета, а це призводить до неприпустимого збільшення довжини січки, в результаті чого отримана подрібнена маса не відповідає зоотехнічним вимогам по довжині.

Також, з графічних залежностей видно, що в раціональний інтервал частот (950-1030 об/хв) потрапляє режим роботи подрібнювача з дев'ятьма і дванадцятьма шарнірно підвішеними ножами. Визначити раціональну кількість ножів можна за показником витрат енергії на подрібнення. Крім того, при частоті обертання робочого органу 1030 об/хв сила удару шарнірних ножів по стеблах призводить до їх значного відхилення в радіальному напрямку, і другий ярус лез починає працювати неефективно; як наслідок, утворюється січка, довжина якої понад 50 мм. Січка такого розміру не може пройти решето і потрапляє на доподрібнення, а це, в свою чергу, призводить до того, що подрібнюючий апарат не справляється з подачею і продуктивність падає.

На довжину січки, одержуваної при подрібненні стебел, впливає зазор між поперечними серпоподібними лезами комбінованих ножів. Однак даний параметр нерозривно пов'язаний з подачею і частотою обертання робочого органу. Зроблено припущення, що раціональне значення зазору можна отримати в результаті оптимізації методом планування і проведення багатофакторного експерименту. Крім того, в вивантажний вікно було встановлено решето із середнім розміром отвору 40х40 мм.

3.3.2 Результати проведення однофакторних експериментальних досліджень енергетики процесу подрібнення

Метою даних досліджень було встановлення впливу частоти обертання робочого органу, кількості комбінованих ножів робочого органу і подачі матеріалу в подрібнювач на витрати потужності при подрібненні. При проведенні досліджень забезпечувалася подача 0,25 кг/с (900 кг/год). На робочому органі встановлювалися 9 і 12 комбінованих ножів відповідно. Зазор між поперечними лезами становив 25 мм. Встановлювалася частота обертання робочого органу 870, 910, 950, 990 і 1030 об/хв.

Результати проведених експериментальних досліджень залежності витрат потужності на подрібнення від частоти обертання робочого органу і кількості комбінованих ножів при раціональній подачі матеріалу на подрібнення наведені на рис 3.5.

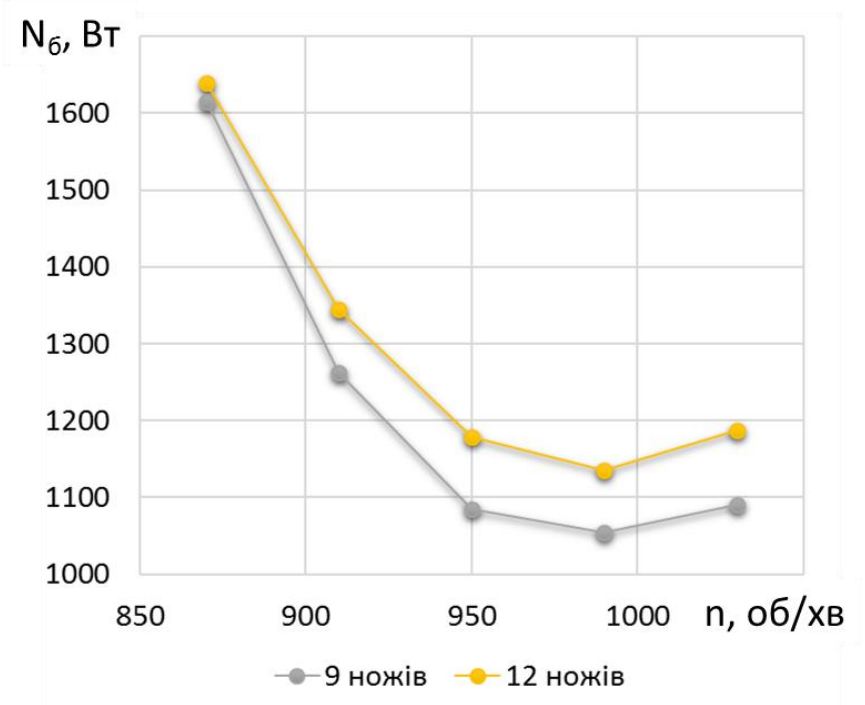


Рисунок 3.5 - Експериментальна залежність витрат потужності на подрібнення від частоти обертання робочого органу і кількості комбінованих ножів при подачі стебел на подрібнення 0,25 кг/с (900 кг/год)

Аналіз залежності, наведеної на рис. 3.5 показав, що раціональна кількість комбінованих ножів на робочому органі становить 9 штук. Збільшення кількості ножів призводить до зростання витрат потужності, при цьому витрати потужності на подрібнення зростають з наступних причин:

- зростає маса барабана;

- зростає вентиляційний ефект, створюваний ножами;

- при роботі на дев'яти комбінованих ножах крізь шар пропонованого матеріалу проходить спочатку 8 серповидних лез, а потім 4 серповидних леза. Це забезпечує пульсуючий силовий вплив на шар, що сприяє розщепленню стебел. При роботі на дванадцяти комбінованих ножах крізь шар проходить постійно 8 серповидних лез і пульсуючий вплив на шар відсутній, а питомий опір зростає. При використанні 9 комбінованих ножів найменші витрати потужності на подрібнення знаходяться в інтервалі частот обертання робочого органу 950-1030 об/хв.

Отриманий інтервал виключає раціональну точку 910 об/хв з інтервалу частот, визначеного при дослідженні продуктивності подрібнювача. Витрати потужності на подрібнення в отриманому оптимальному інтервалі частот найменші, тому що досягається необхідна сила удару комбінованим ножем по шару стебел, причому швидкісний режим подрібнення дозволяє здійснювати не тільки рубку, а й ковзне різання поперечними серпоподібними ножами. В результаті створюються такі умови, при яких відбувається одночасне перерізання стебел в поперечній площині і ударне розщеплення частинок по їх довжині.

3.4 Висновки по розділу

В результаті однофакторних експериментальних досліджень визначені наступні раціональні параметри нового подрібнювача грубих стеблових кормів:

- раціональна подача стебел кукурудзи на подрібнення 0,25 кг/с;

- раціональна частота обертання робочого органу 950-1030 об/хв;

- раціональне кількість комбінованих ножів на робочому органі 9 штук;

- раціональна продуктивність досліджуваного подрібнювача знаходиться в межах 825-884 кг/год;

- витрати потужності на подрібнення становлять 1055-1090 Вт / год;

- в раціональних умовах енергоємність процесу подрібнення складе 1,193-1,31 кВт·год/т. Вищенаведені дані отримані в результаті проведення експериментів зі стеблами кукурудзи.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Загальні визначення та поняття

Згідно Закону України «Про охорону праці» [64], охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Законодавство про охорону праці складається з приведеного вище Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України «Про загальнообов'я-

зкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

У відповідності до визначення [66], об'єкт підвищеної небезпеки – це об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

Щодо розроблюваного в дипломній роботі подрібнювача стеблових кормів, то він не підпадає під приведене визначення, та не є об’єктом підвищеної небезпеки. Проте він працює з легко-займистими матеріалами: солома та сіно – складові кормової суміші для годівлі тварин. Це може призвести до виникнення пожежі, яку згідно [66] відносять до надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Пожежа - це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків.

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

В процесі подрібнення кормів на працюючих можлива дія наступних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, по відношенню до яких необхідно дотримуватися запобіжних заходів [65]**:**

- рухомі машини і механізми;
- рухомі частини виробничого обладнання (транспортер, барабан);
- підвищений рівень шуму;
- підвищена швидкість руху повітря (протяги);
- гострі кромки обладнання;
- недостатня освітленість робочої зони;

• підвищена вологість повітря;

• слизька підлога;

• біологічна небезпека (хвороботворні мікроорганізми, тварини);

• хімічна небезпека;

• небезпека ураження електричним струмом.

4.3 Заходи по забезпеченню захисту оператора подрібнювача від дії шкідливих та небезпечних факторів

Для убезпечення оператора подрібнювача від дії небезпечних і шкідливих факторів пропонуємо організаційні та технічні заходи.

Організаційні заходи - своєчасність проведення інструктажів з охорони праці. В**ступний** інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці або іншим фахівцем відповідно до наказу (розпорядження) по підприємству, який в установленому порядку пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці. Цей вид інструктажу проводять для всіх нових працівників.

Далі, за діючими на підприємстві інструкціями з охорони праці, проводять **первинний інструк**таж на робочому місц**і.**

До самостійної роботи в якості оператора подрібнювача допускаються особи, які досягли 18-річного віку, які не мають медичних протипоказань, пройшли:

• відповідну професійну підготовку, в тому числі з питань охорони праці;

• які пройшли навчання і перевірку знань на 1 групу з електробезпеки;

• попередній при прийомі на роботу і періодичні медичні огляди і визнані придатними за станом здоров'я до роботи;

• вступний і первинний інструктаж на робочому місці;

• стажування і перевірку знань з питань охорони праці.

Оператори проходять повторний інструктаж з охорони праці в терміни

не рідше ніж один раз на шість місяців і щорічну перевірку знань з питань охорони праці.

Технічні заходи. Оператор повинен бути забезпечений спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (далі - ЗІЗ), відповідно до Типових галузевих норм безплатної видачі засобів індивідуального захисту.

Для захисту оператора подрібнювача від уражень електричним струмом під час аварійного замикання на землю чи корпус обладнання під час пошкодження ізоляції передбачено захисний вимикач, який спрацьовує через 0,2 сек після замикання та заземлення електродвигуна [67].

Для захисту оператора подрібнювача від підвищеного рівня забруднення повітря пилом передбачено примусову систему вентиляції. У приміщенні, де встановлено розроблений подрібнювач виділяється за годину 22 г пилу від продуктів подрібнення сіна. Нам необхідно розрахувати продуктивність вентилятора, необхідну для видалення лишків пилу.

Відповідно до [Навчальний посібник з охорони праці / Дніпропетр. держ. агр. ун-т. - Дніпропетровськ, 2009 р. - 132 с.] допустима концентрація пилу, що містить до 10 % вільної SiO_2, дорівнює 4 мг/м^3.

У зовнішньому повітрі, що надходить до приміщення, зовсім немає вказаного пилу ($P_0 = 0$).

Тоді

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0} = \frac{20000}{4 - 0} = 5000 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.1)$$

де P – кількість пилу, що виділяється в приміщенні, мг/год;

P_1 – допустима кількість пилу в приміщенні, мг/м^3;

P_0 – вміст пилу в засмоктуваному чистому повітрі, мг/м^3.

Згідно отриманої продуктивності обираємо осьовий вентилятор ВО 06-300, продуктивністю 5200 м^3/год, з монтажем в стіну приміщення (рис. 4.1).

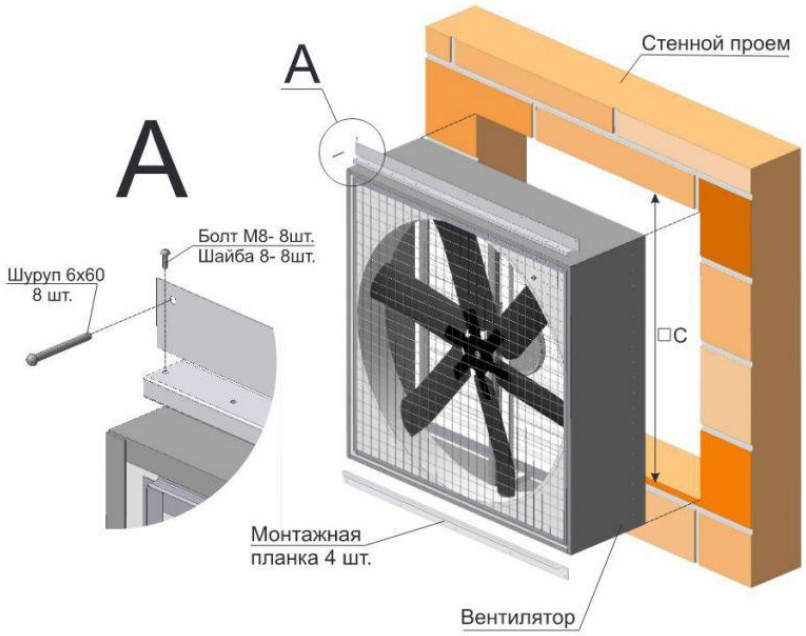


Рисунок 4.1 – Інструкція з монтажу вентилятора ВО 06-300

4.4 Правила безпечного виконання робіт при подрібненні стеблових кормів

Надіньте спецодяг. Включіть освітлення і вентиляцію. Огляньте робоче місце. Перевірте наявність, справність і міцність перехідних містків, площадок, сходів і поручнів. Звільніть проходи, підходи до рубильників, вимикачів від сторонніх предметів, сировини і відходів. При змінній роботі прийміть робоче місце від змінника. Упевніться в справності машин, інструменту, обладнання. Перевірте надійність кріплення машин, обладнання, захисних кожухів і огорож, заземлення, приводних частин (пасів, ланцюгів, шківів, валів, шестерінок, муфт), кришок, затворів, а також запірної арматури. Впевніться у відсутності сторонніх предметів на подавальних транспортерах, в бункерах. Перевірте наявність і комплектність засобів пожежогасіння, аптечки першої допомоги, справність засобів сигналізації. Інструмент і пристрої розмістіть так, щоб було зручно використовувати їх. Підготуйте необхідну кількість маси, яка підлягає подрібненню. Для прибирання подрібненої маси від січкарні корис-

туйтесь тільки дерев'яним інвентарем, застосовувати металеві вила, лопати тощо не дозволяється. Під час запуску силосорізки спочатку включіть транспортер на зворотній хід, щоб викинути предмети, які випадково потрапили на нього. Запустіть машину на холостому ходу, впевніться у відсутності сторонніх шумів, вібрації, нагріву підшипників, підтікання мастила з корпусів підшипників, прослідкуйте за роботою натяжних ланцюгів, перевірте роботу контрольних і сигнальних пристроїв. Перевірте правильність заточування ножів барабана, їх кріплення і відрегулюйте необхідний зазор між протирізальною пластиною і ножами барабана. Після ретельної перевірки усіх механізмів і випробовування, а також усунення несправностей, що виявлені під час випробовування, можете приступати до роботи.

Обслуговування подрібнювача слід проводити відповідно до вимог інструкції заводу-виготовлювача. Не проштовхуйте руками або будь-якими предметами перероблюваний корм під пресувальний барабан або горловину приймального бункера працюючої машини. Під час роботи подрібнювачів не знаходьтеся напроти викидання маси, тому що в неї може попасти металевий предмет (частіше всього болт, гайка) і нанести травму. Під час подрібнення соковитих кормів з викиданням їх через бокову горловину подрібнювальної камери не знаходьтеся в площині обертання ротора. Не подавайте корм руками під пресувальний барабан, не відкривайте кришку подрібнювальної камери, не оглядайте і не прочищайте магнітне загородження і горловину приймального бункера. Не допускайте подрібнення соломи, трави, коренебульбоплодів та інших продуктів, якщо вони не очищені від металевих та інших сторонніх домішок. Запустіть подрібнювач на холостому ходу 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. Продукти, які зависають в бункерах працюючих машин та застрягли в приймальних горловинах, звіль-

ніть за допомогою проштовхувача довжиною не менше 1 м, виготовленого із дерева або пластмаси, що легко зруйнується у разі захоплення. В процесі роботи слідкуйте за справністю і ефективністю роботи технологічного обладнання, аспіраційних і вентиляційних систем, ущільнювачів, електрообладнання, засобів контролю і сигналізації. 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). Під час зупинки електрифікованих подрібнювачів грубих та соковитих кормів для ремонту чи технічного обслуговування відключіть рубильник підведення електроенергії до магнітного пускача і вивісить плакат: “Не вмикати! Працюють люди”. Під час зняття і ставлення ножів, а також очищення ріжучих частин барабана від залишків корму виключіть загальний рубильник, вийміть запобіжник і вивісить плакат: “Не вмикати! Працюють люди”. Не дозволяється робота соломорізки із знятими втягуючими пальцями і огородженнями. Обслуговуйте подрібнювач, знаходячись з правого боку по ходу агрегату. Працюйте в захисній касці. Не працюйте поблизу викидного рукава подрібнювача. На час розрівнювання і ущільнення подрібненої маси машину зупиніть або відведіть направляючий рукав дефлектора в бік.

Після закінчення роботи на подрібнювачі відключіть електроживлення систем подавання продуктів, перекрийте парову магістраль, подачу пального, хімічного розчину. Обладнання, що працює під тиском, перевірте за показаннями приладів на наявність залишкового тиску і забезпечте зниження його до атмосферного відкриттям клапана. Після закінчення роботи дробарки-подрібнювача стеблових кормів виробіть масу, що знаходиться в бункері, рукоятку гідродроселя переведіть в середнє положення і виключіть привід обертання бункера. Після повного зупинення двигунів очистіть машини і робоче місце від залишку продукту, приміщення – від залишків кормів і пилу. Мокру або слизьку підлогу посипте піском, тирсою або іншими матеріалами, які потім приберіть. Повідомте змінника про особливості або недоліки в роботі обладнання. Інструмент і пристрої, інвентар (проштовхувачі, чистики тощо)

приберіть в шафу, здайте на зберігання або змінніку. Зніміть спецодяг і засоби індивідуального захисту, очистіть, здайте на обслуговування або на зберігання. Прийміть душ.

Оператор зобов'язаний:

• дотримуватися Правил внутрішнього трудового розпорядку;

• виконувати лише ту роботу, яка доручена безпосереднім керівником;

• знати і вдосконалювати методи безпечної роботи;

• дотримуватися технологію виробництва робіт, застосовувати способи, що забезпечують безпеку праці, встановлені в інструкціях з охорони праці;

• використовувати інструмент, пристосування, інвентар за призначенням, про їхню несправність повідомляти керівнику робіт;

• знати, де перебувають і вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння;

• негайно повідомити керівника робіт про будь-якій ситуації, яка загрожує життю або здоров'ю працюючих і оточуючих, нещасний випадок, що стався на виробництві;

• пройти відповідну теоретичну і практичну підготовку і вміти надавати долікарську медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків;

• при необхідності забезпечувати доставку (супровід) потерпілого до закладу охорони здоров'я;

• дотримуватися правил особистої гігієни;

• відповідно до характеру виконуваної роботи правильно використовувати надані йому засоби індивідуального захисту, а в разі їх відсутності або несправності повідомити про це безпосереднього керівника.

Оператору заборонено появу на робочому місці в стані алкогольного, наркотичного та токсичного сп'яніння, а також розпивання спиртних напоїв, вживання наркотичних, токсичних і психотропних речовин в робочий час і за місцем роботи. Палити дозволяється тільки в спеціально обладнаних місцях. Не допускається куріння в невстановлених місцях і користування відкритим вогнем. Оператор зобов'язаний сприяти і співпрацювати з наймачем у справі

забезпечення здорових і безпечних умов праці, негайно сповіщати свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу наймача про несправності устаткування, інструменту, пристосувань, транспортних засобів, засобів захисту, про погіршення стану свого здоров'я.

4.4 Порядок дій у надзвичайних ситуаціях

Як було сказано вище, найбільш імовірною надзвичайною ситуацією на фермі є пожежа, тому приведемо обов'язки і дії працівників у разі пожежі на фермі великої рогатої худоби. Кожен працівник ферми при виявленні пожежі або ознак горіння (задимлення, запах гару, підвищення температури і т. п.) повинен:

- негайно припинити роботу і викликати пожежну охорону по телефону 101, повідомивши при цьому адресу ферми, місце виникнення, прізвище, ім'я, по батькові, телефон;

- прийняти можливі заходи щодо евакуації людей, тварин і матеріальних цінностей;

- відключити від електромережі закріплене електрообладнання;

- приступити до гасіння пожежі наявними первинними засобами пожежогасіння;

- повідомити безпосереднього керівника і оповістити оточуючих співробітників;

- при загальному сигналі небезпеки покинути будівлю.

Керівник структурного підрозділу, якому стало відомо про пожежу зобов'язаний:

- викликати по телефону пожежну охорону;

- негайно сповістити своїх підлеглих та інших працівників;

- повідомити про пожежу особи, відповідальної за пожежну безпеку на об'єкті;

- вжити заходів з надання допомоги в гасінні пожежі, евакуації людей, тварин і матеріальних цінностей.

Особа, відповідальна за пожежну безпеку на фермі, зобов'язана:

- продублювати повідомлення про виникнення пожежі в пожежну охорону і довести до відома власника майна (генеральний директор, засновник);

- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування, використовуючи для цього наявні сили і засоби;

- при необхідності відключити електроенергію, виконати інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі і задимлення приміщень будівлі;

- припинити всі роботи в будівлі, крім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідації пожежі;

- видалити за межі небезпечної зони всіх сторонніх працівників, які не беруть участі в локалізації пожежі;

- здійснити загальне керівництво з гасіння пожежі до прибуття підрозділу пожежної охорони;

- забезпечити дотримання вимог безпеки працівниками, які беруть участь в гасінні пожежі;

- одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист тварин і матеріальних цінностей;

- організувати зустріч підрозділів пожежної охорони і надати допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі.

При прибутті пожежних підрозділів особа, відповідальну за пожежну безпеку на фермі, зобов'язана проінформувати керівника гасіння пожежі про конструктивні особливості будівлі, прилеглих будівель і споруд, кількості і пожежонебезпечних властивостях речовин, які зберігаються і застосовуються, матеріалів та інших відомостях, необхідних для успішної ліквідації пожежі. Він зобов'язаний також організовувати залучення сил і засобів об'єкта до здійснення необхідних заходів, пов'язаних з ліквідацією пожежі та попередженням її розвитку.

4.5 Висновки по розділу

З використанням актуальної нормативної документації та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження розробленого подрібнювача, встановлена дія небезпечних та шкідливих факторів на оператора. Для їх уникнення запропоновано відповідні заходи та приведено правила безпечного виконання робіт. Виявлено, що найбільш ймовірною надзвичайною ситуацією на фермі є пожежа, тому приведено порядок дій персоналу при її виникненні.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

5.1 Вихідні дані

У даному розділі визначається передбачувана економічна ефективність застосування розробленого подрібнювача кормів. На сьогодні ТД «ДТЗ», м. Дніпро випускається малогабаритний подрібнювач стеблових кормів 9Qz-0,6, що і був узятий за прототип для проектованого подрібнювача. Порівняння

економічних показників експериментального та наведеного подрібнювача проведемо на прикладі їх застосування на малій сімейній фермі, вид та поголів'я тварин та птиці на якій приведено в додатку А. Раціони годівлі та річний об'єм робіт на подрібненні стеблових кормів приведено в додатках Б та В. Вихідні дані для розрахунку зводимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до розрахунку техніко економічних показників

Показник	Варіанти	
	подрібнювач кормів 9Qz-0,6	експериментальний подрібнювач
Добовий об'єм робіт, кг	286,6	286,6
Річний об'єм робіт*, т	42,99	42,99
Продуктивність, кг/год.	600	800
Потужність приводу, кВт	2,2	2,0
Питома енергоємність, кВт·год/т	3,7	2,6
Вага, кг	56,4	32,6
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Вартість, грн.	3860	2740

* річний об'єм робіт – по стебловим кормам за літній період – 150 днів.

Переваги експериментального подрібнювача перед серійним:

- економія електроенергії за рахунок зниження питомої енергоємності процесу подрібнення;
- зниження трудомісткості технічного обслуговування за рахунок зміни конструкції та зменшення матеріалоємності;
- введення в конструкцію електронної схеми теплового захисту електродвигуна, що продовжує його термін служби;
- збільшення продуктивності.

Порівнювати економічну ефективність використання експериментального подрібнювача будемо за такими показниками: питомі експлуатаційні витрати, ЕВ; капітальні вкладення, К; питомі приведені витрати, П.

5.2 Питомі експлуатаційні витрати

Питомі експлуатаційні витрати розрахуємо за виразом

$$ЕВ = ЕВ_з + ЕВ_а + ЕВ_т + ЕВ_е \text{ , грн/т} \quad (5.1)$$

де $ЕВ_з$ – питомі експлуатаційні витрати на виплату обслуговуючому персоналу заробітної плати, грн./т;

$ЕВ_а$ – питомі амортизаційні відрахування, грн./т;

$ЕВ_т$ – питомі витрати на ремонт і технічне обслуговування обладнання, грн/т;

$ЕВ_е$ – питомі витрати на електроенергію, грн./т.

Питомі експлуатаційні витрати на заробітну плату визначимо з виразу

$$EB_з = \frac{n \cdot D \cdot t \cdot f \cdot \delta}{P}, \quad \text{грн./т} \quad (5.2)$$

де n – чисельність обслуговуючого персоналу, люд.

D – тривалість роботи на рік, діб. Для літнього періоду годівлі D=150 діб.

t – тривалість роботи, год.;

f – годинна тарифна ставка одного працівника, грн./год. Приймаємо f = 22,41 грн./год.;

δ = 1,22 – коефіцієнт нарахування на заробітну плату;

P=42,99 т – річний об’єм робіт.

Тривалість роботи на добу визначимо виходячи з добового об’єму робіт:

$$t = \frac{G_{доб}}{Q}, \quad (5.3)$$

де $G_{доб}$ – добовий об'єм робіт, кг;

Q – продуктивність подрібнювача, кг/год.

З (5.3) отримаємо:

базовий

$$t_б = \frac{286,6}{600} = 0,47 \text{ год.};$$

експериментальний

$$t_е = \frac{286,6}{800} = 0,36 \text{ год.}$$

Тоді за формулою (5.2) за варіантами маємо

базовий

$$EB_{з.б} = \frac{1 \cdot 150 \cdot 0,47 \cdot 22,41 \cdot 1,22}{42,99} = 44,83 \text{ грн./т};$$

експериментальний

$$EB_{з.е} = \frac{1 \cdot 150 \cdot 0,36 \cdot 22,41 \cdot 1,22}{42,99} = 34,34 \text{ грн./т.}$$

Питомі амортизаційні відрахування підрахуємо за формулою

$$EB_a = \frac{C \cdot \alpha}{100 \cdot P} \text{ , грн./т} \qquad (5.4)$$

де С – балансова вартість подрібнювача, грн.

α – нормований коефіцієнт відрахувань на амортизацію подрібнювача, %. При строкові служби 10 років α=10 %.

Тоді за формулою (5.4) маємо за варіантами

базовий

$$EB_{a.б} = \frac{3860 \cdot 10}{100 \cdot 42,99} = 8,98 \text{ грн./т;}$$

експериментальний

$$EB_{a.п} = \frac{2740 \cdot 10}{100 \cdot 42,99} = 6,37 \text{ грн./т.}$$

Питомі відрахування на ремонт і технічне обслуговування техніки обчисляють за виразом

$$EB_{TO} = \frac{C \cdot \beta}{100 \cdot P} \text{ , грн./т} \qquad (5.5)$$

де β – нормований коефіцієнт відрахувань на ремонт та ТО подрібнювача, %. Для подрібнювачів стеблових кормів β_n=12%

Тоді з (5.5) за варіантами маємо

базовий

$$EB_{TO.б} = \frac{3860 \cdot 12}{100 \cdot 42,99} = 10,77 \text{ грн./т;}$$

експериментальний

$$EB_{TO.е} = \frac{2740 \cdot 12}{100 \cdot 42,99} = 7,65 \text{ грн./т.}$$

Питомі витрати на енергоресурси визначимо за формулою

$$EB_e = \frac{e \cdot t \cdot D \cdot c_e}{P}, \qquad (5.6)$$

де е – питома енергоємність подрібнення, кВт.

$c_е$ = 1,68 грн/кВт·год. – вартість електроенергії (для приватного сектору, так як маємо малу сімейну ферму).

Тоді за формулою (5.6) маємо за варіантами:

базовий

$$EB_{е.б} = \frac{3,7 \cdot 0,47 \cdot 150 \cdot 1,68}{42,99} = 10,19 \text{ грн./т;}$$

експериментальний

$$EB_{е.е} = \frac{2,6 \cdot 0,36 \cdot 150 \cdot 1,68}{42,99} = 5,48 \text{ грн./т.}$$

Загальні питомі експлуатаційні витрати (5.1) за варіантом складуть:

базовий

$$ЕВ_б = 44,83+8,98+10,77+10,19 = 74,77 \text{ грн./т;}$$

експериментальний

$$ЕВ_п = 34,34+6,37+7,65+5,49 = 53,85 \text{ грн./т}$$

Річна економія експлуатаційних витрат при впровадженні розробленого експериментального подрібнювача:

$$Е_е = (ЕВ_в – ЕВ_п)·Р = (74,77 -53,85)·42,99 = 1029,68 \text{ грн.} \qquad (5.7)$$

5.3 Капітальні вкладення

Капітальні вкладення на техніку за варіантами складуть

базовий

$$К_б = 3860{,}00 \text{ грн.}; \quad (5.8)$$

експериментальний

$$К_е = 2740{,}00 \text{ грн.}; \quad (5.9)$$

Враховуючи те, що розроблений подрібнювач має цілком нову конструкцію, додаткові капіталовкладення для його реалізації будуть рівні його вартості. Тоді строк окупності експериментального подрібнювача стеблових кормів при його впровадженні на малій сімейній фермі для наших умов становить:

$$T = \frac{K_e}{E_e} = \frac{2740{,}00}{1029{,}68} = 2{,}7 \text{ роки} \quad (5.10)$$

5.4 Питомі приведені витрати

Питомі приведені витрати розраховують за таким виразом

$$П = \left(И + \frac{K}{П} E \right), \text{ грн./т} \quad (5.11)$$

де Е = 0,15 – нормований коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Розрахуємо питомі витрати за вітчизняним та прийнятим варіантом за формулою (5.10)

базовий

$$П_б = \left(ЕВ_б + \frac{К_б}{Р} Е \right) = \left(74,77 + \frac{3860,00}{42,99} \cdot 0,15 \right) = 88,23 \text{ грн./т;}$$

експериментальний

$$П_п = \left(ЕВ_е + \frac{К_п}{Р} Е \right) = \left(53,85 + \frac{2740,00}{42,99} \cdot 0,15 \right) = 63,41 \text{ грн./т.}$$

Розрахуємо річний економічний ефект від впровадження у виробництво запропонованого нами варіанту

$$РЕ = (П_в – П_п)Р = (88,23\text{-}63,41) \cdot 42,99 = 1067,00 \text{ грн.}$$

Усі показники економічної ефективності зведемо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Показники економічної ефективності експериментального подрібнювача

Показники	Варіанти	
	9Qz-0,6	експериментальний подрібнювач
1	2	3
Річний об’єм робіт, т	42,99	42,99
1	2	3
Добовий об’єм робіт, кг	286,6	286,6
Продуктивність, кг/год.	600	800
Потужність приводу, кВт	2,2	2,0

Питома енергоємність, кВт·год/т	3,7	2,6
Вага, кг	56,4	32,6
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Вартість, грн.	3860	2740
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	74,77	53,85
в т.ч.: витрати на електроенергію	10,19	5,49
витрати на ТО та ремонт	10,77	7,65
амортизаційні відрахування	8,98	6,37
заробітна платня	44,83	34,34
Додаткові капітальні вкладення, грн.	-	2740,00
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	1029,68
Строк окупності капітальних вкладень, років	-	2,7
Питомі приведені витрати, грн./т	88,23	63,41
Річний економічний ефект, грн.	-	1067,00

5.5 Висновки по розділу

Техніко-економічна оцінка експериментального подрібнювача показала, що в порівнянні з базовим 9Qz-0,6 він має переваги за експлуатаційними витратами. При цьому строк окупності при впровадженні складе 2,7 роки, а річний економічний ефект за нашими розрахунками становить РЕ = 1067,00 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для подрібнення грубих стеблових кормів найбільш перспективним є ковзне різання, оскільки даний вид подрібнення, реалізований в ефективних

барабанних подрібнювачах, не вимагає застосування складних робочих органів і дозволяє знизити енергоємність процесу подрібнення за рахунок раціонального розподілу сил, що діють на подрібнюють стебла. Крім того, конструкція робочих органів, що забезпечують ковзне різання, дозволяє знизити матеріаломісткість барабанних подрібнювачів.

2. Теоретичні дослідження показали, що максимальна продуктивність подрібнювача пропонованої конструкції 909-921 кг/год досягається в діапазоні частот 950-1030 об/хв., однак перевищення частоти обертання робочого органу вище 990 об/хв. недоцільно, оскільки другий ярус лез на комбінованих ножах починає працювати неефективно через збільшеного кута установки другого ярусу лез після удару першим ярусом про стебло. Крім того, в діапазоні частот обертання робочого органу 950-1030 об/хв забезпечується режим мінімальних витрат потужності на подрібнення, які складають 1,01-1,1 кВт.

3. В результаті однофакторних експериментальних досліджень визначені наступні раціональні параметри нового подрібнювача грубих стеблових кормів:

- раціональна подача стебел кукурудзи на подрібнення 0,25 кг/с;

- раціональна частота обертання робочого органу 950-1030 об/хв;

- раціональне кількість комбінованих ножів на робочому органі 9 штук;

- раціональна продуктивність досліджуваного подрібнювача знаходиться в межах 825-884 кг/год;

- витрати потужності на подрібнення становлять 1055-1090 Вт / год;

- в раціональних умовах енергоємність процесу подрібнення складе 1,193-1,31 кВт·год/т. Вищенаведені дані отримані в результаті проведення експериментів зі стеблами кукурудзи.

4. З використанням актуальної нормативної документації та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження розробленого подрібнювача, встановлена дія небезпечних та шкідливих факторів на оператора. Для їх уни-

кнення запропоновано відповідні заходи та приведено правила безпечного виконання робіт. Виявлено, що найбільш ймовірною надзвичайною ситуацією на фермі є пожежа, тому приведено порядок дій персоналу при її виникненні.

5. Техніко-економічна оцінка експериментального подрібнювача показала, що в порівнянні з базовим 9Qz-0,6 він має переваги за експлуатаційними витратами. При цьому строк окупності при впровадженні складе 2,7 роки, а річний економічний ефект за нашими розрахунками становить РЕ = 1067,00 грн.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Егоров Б.В., Мартынов С.А., Хоренжий Н.В. Технология производства кормовых смесей на основе соломы злаковых культур // Наукові праці ОДАХТ.- Вип. 21.- Одеса, 2001.- С. 194-198.

2. Голиков В.А., Федосенко Г.Г. и др. Кормоприготовительные цехи. – Алма-Ата: «Кайнар», 1975. – 356 с.

3. Кукта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов.–М.: Агропромиздат, 1987.– 303 с., ил.

4. Поєдинок В., Яроцький В., Шумський М. Як заготовити якісне сіно//Техніка АПК. – 1995. – №2. – С. 12-13.

5. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. – М.: «Машиностроение», 1975. – 311 с.

6. Бурмистрова М.Ф. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 145 с.

7. Крамаренко Л.П. Сопротивление растений перерезанию // Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. – т. 4. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1940. – С. 180-195.

8. Василенко А.А. Основания для проектирования свеклоуборочных машин // Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. – т. 4. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1940. – С. 86-91.

9. Брагинець М.В. Дослідження фізико-механічних властивостей кормів // Вісник сільськогосподарської науки. – 1984. – № 1. – С. 31-34.

10. Василенко А.А. Основания для проектирования свеклоуборочных машин // Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин.- т. 4.- М.-Л.: Сельхозгиз, 1940.- С. 86-91.

11. Halyk R., Hurlbut L. Tensile and shear strength characteristics of alfalfa stems // Trans. am. soc. agric. engrs. – 1968. – № 11.– p. 256-257.

12. Prince R., Bartok T., Bradway D. Shear stress and modulus of elasticity of selected forages // Trans. am. soc. agric. engrs. – 1969. – № 12. – p. 426-429.

13. Ahlgrimm H. Der einfluss der Feuchte auf das Biegerverhalten von halmgut bei zug-, scher- und beigebeanspruchung // LandForsch-Volkenrode. – 1970. –№ 8. – s. 8-31.

14. McRandal D., McNulty P. Mechanical and physical properties of grasses // Trans. am. soc. agric. engrs. – 1980. – № 4. – p. 816-821.

15. Кулаковский И.В., Кирпичников Ф.С., Резник Е.И. Машины и оборудование для приготовления кормов. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 286 с.

16. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – М.: Колос, 1978. – 560 с.

17. Рахматулин Х.А., Демьянов Ю.А. Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках. – М., 1961. – 196 с.

18. Боярский Л.Г. Производство и использование кормов. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 222 с.

19. Ясенецкий В.А., Гончаренко П.В. Машины для измельчения кормов: Под редакцией акад. ВАСХНИЛ Л.В. Погорелого. – К.: Тэхника, 1990. – 166 с.

20. Дедаев Г.А., Отрошко С.А. Об оптимальном измельчении силоса из кукурузы восковой спелости // Техника в сельском хозяйстве. – 1995. – №2. – С. 17-19.

21. Арнаутов В.И. Исследование и совершенствование рабочих органов для мелкого измельчения сочных кормов: Автореф. дисс…канд. техн. наук.– Харьков, 1968. – 30 с.

22. Ялпачик Ф.Е., Ялпачик Г.С., Крыжачковский Н.Л., Кюрчев В.Н. Кормодробилки: конструкция, расчет. Запорожье: Издательство «Коммунар», 1992. – 292 с.

23. Измельчитель кормов «Волгарь-5» (модернизация): Отчет о НИР (пояснительная записка по теме № 1.302.105.1.82 (5891) / ВНИИКОМЖК. – № ГР 01.83.0060986; Инв. № 0284 0053550. М., 1983. – 32 с.

24. Нова сільськогосподарська техніка / В.А. Ясенецький, В.С. Куліш, Н.П. Мєчта та ін., за ред. В.А. Ясенецького – К.: Урожай, 1991. – 320 с.

25. Мянд А.Э. Кормоприготовительные машины и агрегаты. М.: Машиностроение, 1970. – 256 с.

26. Гушчян А.Г. Исследование и разработка механизированных линий универсального кормоцеха и изыскание путей повышения качества приготовления кормов: Автореф. дисс…канд. техн. наук. – Ереван, 1981. – 21 с.

27. Бобер О.А. Подготовка к скармливанию грубых кормов измельчителем с дисковыми противорезами: Автореф. дисс…канд. техн. наук. – Горки, 1987. – 16 с.

28. Китун А., Передня В. Измельчитель зеленой массы // Свиноводство. – 1991. – №5. С. 21-22.

29. А.с. 1722298 СССР. Измельчитель. / С.А. Отрошко и др. – Опубл. в БИ №12, 1992.

30. А.с. 566629 СССР. Дробилка для кормов/А.Н. Сердечный и др. – Опубл. в БИ №28, 1977.

31. Краплин М.А., Петинова М.П. Теоретическое обоснование закономерности распределения длин продукта после измельчения// Проектирование рабочих органов с.-х. машин. – Ростов-на-Дону, 1967. – С.147-151.

32. Грязной Ф.Д. Обоснование технологического решения универсального измельчителя кормов // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. – №2. – С. 36-39.

33. Патент 8459 України МКИ А 01 F 29/00 Подрібнювач / Братішко В.В.; Заявл. 22.11.2004; Опубл. Бюл. № 8, 2005 р.

34. Патент 18732 України МКИ А 01 F 29/00 Подрібнювач кормів / Братішко В.В.; Заявл. 30.05.2006; Опубл. Бюл. № 11, 2006 р.

35. Братішко В.В. Шляхи зменшення енергоємності різання зелених рослин // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 28. – Мелітополь: ТДАТА. – 2005. – С. 191-197.

36. Волошин Ю.И., Загорский С.М., Мирзоянц Ю.А., Скоркин В.К. Исследование движения частиц корма в измельчителе барабанного типа // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 5. – С. 3-5.

37. Василенко П.М. теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. / Под ред. М.И. Медведева. – К.: Изд-во УАСХН, 1960. – 283 с.

38. Передня В.И. Механизация приготовления кормосмесей для крупного рогатого скота. – Минск: Ураджай, 1990. – 152 с.

39. Цейтлер А.К. Совершенствование технологического процесса и обоснование параметров измельчителя-смесителя стебельных кормов. Автореф. дисс…канд. техн. наук. – Саратов, 1986 – 24 с.

40. Механизация приготовления кормов. Справочник / Под ред. В.И. Сыроватко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 367 с.

41. Хмельовський В.С. Інтенсифікація технологічного процесу подрібнення-змішування кормів: Автореф. дисс... канд. техн. наук. – Київ, 2000. – 20 с.

42. Притченко С.А. Исследование процесса резания зеленых кормов для птицы. Автореф. дисс…канд. техн. наук, Киев, 1965. – 22 с.

43. Какабаев О. Повышение эффективности работы измельчителя смесителя кормов: Автореф. дисс…канд. техн. наук. – Саратов, 1992. – 24 с.

44. Коруняк П.С. обгрунтування схем і параметрів устаткування ударного подрібнення зерна. Автореф. дис…канд. техн. наук. – Львів, 2000. – 20 с.

45. Безпалов Р.І. Підвищення ефективності процесу подрібнення кормів: Дисертація ... канд. техн. наук. – Одеса, 2005. – 160 с.

46. Жабко В.А. Исследование и обоснование основных параметров режущих аппаратов для измельчения волокнистых кормовых материалов: Автореф. дисс…канд. техн. наук. – Минск, 1980. – 19 с.

47. Горюнов Н.А. Разведение уток. Изд. 5-е, перераб. и доп., М.: Колос, 1971.– 176 с. с илл.

48. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 276 с.

49. Зажигаев Л.С., Китьян А.А., Романников Ю.И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. – М.: Атомиздат, 1978. – 232 с.

50. Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. – 597 с.

51. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов.- Л.: Колос, 1972.- 200 с.

52. Охорона праці / За ред. Гряніка Г.М. // К.: Урожай, 1994. – 203 с.

53. Методика комплексной оценки техники и технологий для животноводства. птицеводства и кормообеспечения. – КНД У 46.16.15-95. Введена впервые. Дата введения 28 марта 1995 г. – Запорожье: ПЦ "Х-Пресс", 1997. – 52 с.

54. Информационные материалы в комплексной оценке техники и технологий для животноводства, птицеводства и кормообеспечения: Справочник / В. Ф. Сичкарь, А. С. Кушнарев, Т. Н. Коротченко, Л. М. Олейник; Под ред. В. Ф. Сичкаря / – Запорожье, ИМЖ, 1997. – 396 с.

55. ДСТУ 4397 : 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.

56. Жабко В.А. Исследование и обоснование основных параметров режущих аппаратов для измельчения волокнистых кормовых материалов: Автореф. дисс…канд. техн. наук. – Минск, 1980. – 19 с.

57. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм.- Л.: Колос, 1978.- 560 с.

58. Gieroba J., Niedziolka I. Analiza jakosci rozdrabniania lodyg kukurydzy zbieranej na ziarno //Problemy inzynierii rolnniczej.- № 3 (5).- P. 9-22.

59. Надежин А.В. Обоснование параметров технологического процесса измельчения грубых и сочных кормов комбинированным рабочим органом: Автореф. дис…канд. техн. наук: 05.20.01 / ВНИПТИМЭСХ.- Зерноград, 1992.- 19 с.

60. Дю Ин Ю., Терехов П.З. Определение зависимости длины резки от параметров измельчающего аппарата // Тракторы и сельхозмашины.- 1979.- № 6.- С. 22.

61. Алексеенко Н.П. К определению степени измельчения корма дисковым отделителем // Производство концентратов зеленых кормов: Сб. статей РИСХМ.- Ростов-на-Дону, 1978.- С. 109-113.

62. Беспалов Р.И. Предпосылки совершенствования машин для измельчения стебельчатых кормов // Наукові праці ОДАХТ.- Вип. 21.- Одеса, 2001.- С. 192-194.

63. Бремер, Г.И. Основы теории резания лезвием и расчет режущих машин животноводческих ферм / Г.И. Бремер – М.: ВСХИЗО, 1963. – 75 с.

64. Закон України "Про охорону праці"

65. ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація

66. Об'єкт підвищеної небезпеки // Юридична енциклопедія : [у 6 т.] / ред. кол. Ю. С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.] - К. : Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 2002. - Т. 4 : Н - П. - 720 с. - ISBN 966-7492-04-4.

67. Навчальний посібник з охорони праці / Дніпропетр. держ. агр. ун-т. - Дніпропетровськ, 2009 р. - 132 с.

68. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок

69. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 42.

70. Захарченко М.В., Орлов М.В., Голубєв А.К. та ін. Безпека життєдіяльності у повсякденних умовах виробництва, побуту та у надзвичайних ситуаціях: Навчальний посібник. – К.: ІЗМИ, 1996. – 196 с.

71. Хижняк М.І., Нагорна А.М. Здоров’я людини та екологія. – К.: Здоров’я, 1995. – 232 с.

72. Яким Р.С. Безпека життєдіяльності людини. Навчальний посібник. Львів:. Бескід Біт, 2005. – 304 с

ДОДАТКИ

Додаток А

Загальне одночасне поголів’я тварин та птиці

Технологічна група	Поголів’я, гол
ВРХ	
Корови	4
Молодняк на відгодівлі	4
Свині	
Кнур	1
Свиноматки холості та поросні	7
Свиноматки підсисні	1
Поросята на дорощуванні	30
Свині на відгодівлі	45
Птиця	
Кури несучки	60
Гуси	40

Додаток Б

Раціон* годівлі ВРХ

Вид кормів	Період годівлі			
	Корови (4 гол)		Молодняк (4 гол)	
	зима	літо	зима	літо
1. Силос кукурудзяний	26	-	18	-
2. Сіно	6	-	5	-
3. Сінаж	9	-	6	-
4. Коренеплоди	9	-	7	-
5. Комбікорм	2,7	2,2	1,8	1,7
6. Зелена маса	-	60	-	38
Всього	**52,7**	**62,2**	37,8	39,7

*Раціони годівлі ВРХ всих технологічних груп прийняті у відповідності до ВНТП-АПК-01.05/Мінагрополітики України, Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми).

Раціон* годівлі кнура

Вид корму	Добова потреба, кг/гол.	
	зима	літо
1. Коренеплоди	2,0	0
2. Концентрати	2,5	2,7
3. Сінне борошно	0,4	0
4. Молочні відвійки	1,4	1,4
5. Зелена трава	0	2,0
Всього	6,3	6,1

Раціон* годівлі свиноматок

Вид корму	Добова потреба, кг/гол.			
	Холості та поросні (7 гол.)		Підсисні (1 гол.)	
	зима	літо	зима	літо
1. Коренеплоди	3,5	0	8,0	0
2. Концентрати	1,4	0,9	3,8	4,5
3. Сінне борошно	0,5	0	0,6	0
4. Молочні відвійки	0	0	2,5	2,5
5. Зелена трава	0	3,5	0	6,0
Всього	5,4	4,4	14,9	13

Раціон* годівлі поросят

Вид корму	Добова потреба, кг/гол.			
	Дорощування (30 гол.)		Відгодівля (45 гол.)	
	зима	літо	зима	літо
1. Коренеплоди	0,8	0	3,0	0
2. Концентрати	1,25	1,35	1,3	1,3
3. Сінне борошно	0,05	0	0,15	0
4. Молочні відвійки	0,6	0,6	0,6	0,6
5. Зелена трава	0	1,4	0	4,0
Всього	2,7	3,35	5,05	5,9

*Раціони годівлі свиней всих технологічних груп прийняті у відповідності до ВНТП-АПК-02.05/Мінагрополітики України Свинарські підприємства, при питомій вазі концкормів у раціоні 80 %.

Раціон* годівлі птиці

Вид корму	Добова потреба, кг/гол.			
	Кури (60 гол.)		Гуси (40 гол.)	
	зима	літо	зима	літо
1. Коренеплоди	0,02	0	0,200	0
2. Концентрати	0,075	0,085	0,146	0,155
3. Сінне борошно	0,05	0	0,05	0
4. Макуха	0,007	0,007	0	0

5. Зелена трава 6. Відсівки	0 0	0,055 0	0 0,06	0,220 0,05
Всього	0,152	0,147	0,456	0,425

*Раціони годівлі птиці різних видів прийняті у відповідності до ВНТП-АПК-04.05/Мінагрополітики України Підприємства птахівництва.

Додаток В

Річна потреба в різних видах кормів:

$$G_{добі} = 10^{-3} \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot m_i ,$$

де q_i – добова норма певного виду корму за раціоном і-ої технологічної групи, кг/гол.;

m_i - чисельність і-ої вікової групи, гол.;

n - кількість технологічних груп.

Добова потреба в кормах для ферми

Вид корму	Добова потреба в кормах, кг	
	зима	літо
1. Коренеплоди	221,7	0
2. Концентрати	156,94	164,3
3. Сінне борошно	10,3	0
4. Молочні відвійки	48,9	48,9
5. Зелена трава	0	286,6
6. Сіно	44	0
7. Солома	5	0
8. Макуха	0,56	0,56
9. Відсівки	2,4	2

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Обґрунтування параметрів барабанного ріжучого апарату для подрібнення стеблових кормів

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-19
Борщов Євген Ігорович

Керівник: к.т.н., доцент
Дудін Володимир Юрійович

Дніпро 2021

МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є підвищення ефективності процесу подрібнення стеблових кормів шляхом розробки конструкції і обґрунтування основних параметрів ріжучого апарату подрібнювача. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- на підставі аналізу існуючої теорії подрібнення і вивчення конструктивно-технологічних параметрів сучасних подрібнювачів виявити основні шляхи вдосконалення технологічного процесу подрібнення грубих стеблових кормів, визначити найбільш перспективну конструкцію подрібнювача і напрямки її розвитку;
- запропонувати конструктивно-технологічну схему ефективного подрібнювача та теоретично дослідити продуктивність і витрати потужності на подрібнення;
- провести експериментальні дослідження і виявити найбільш раціональні конструктивно-технологічні параметри подрібнювача;
- провести аналіз розробленого подрібнювача з точки зору охорони праці;
- визначити економічну ефективність пропонованого подрібнювача кормів.

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

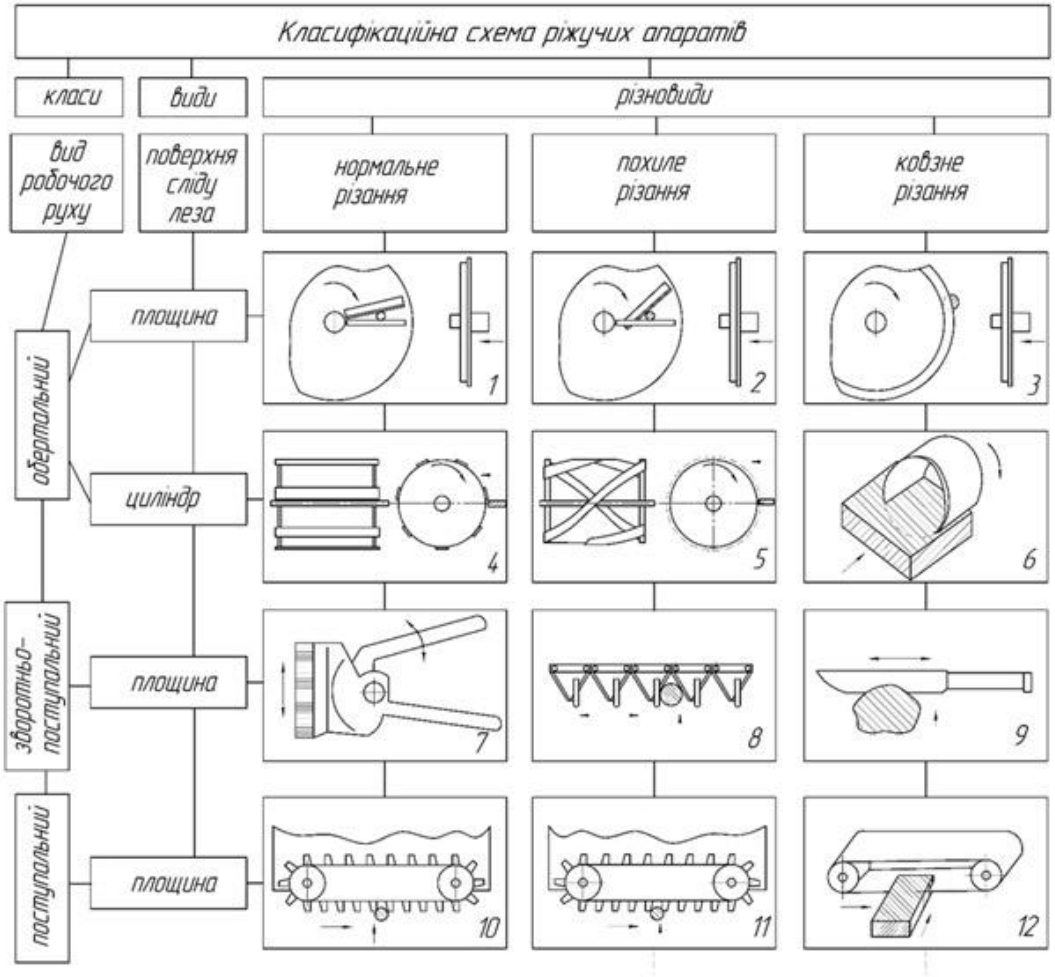


Рисунок 1 - Класифікаційна схема ріжучих апаратів Н.Є. Резніка

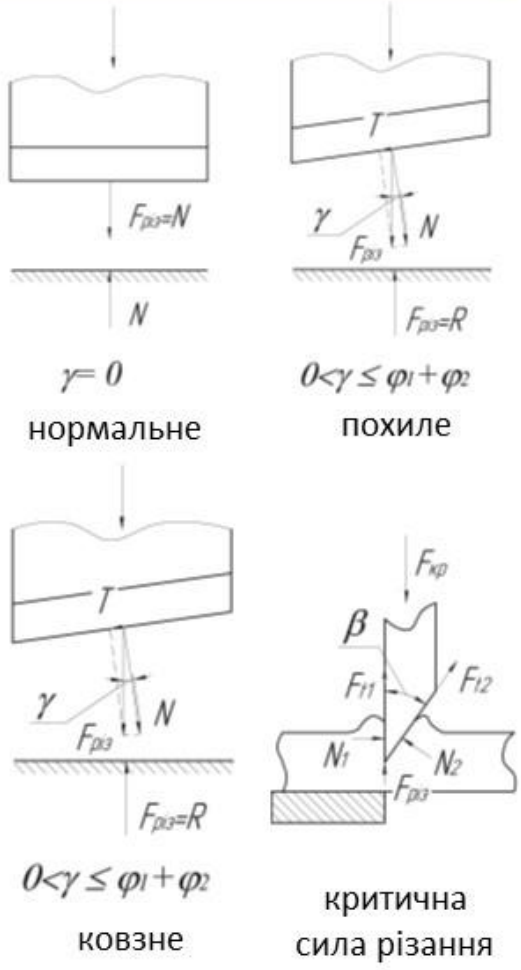


Рисунок 2 – Різновиди різання

3

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

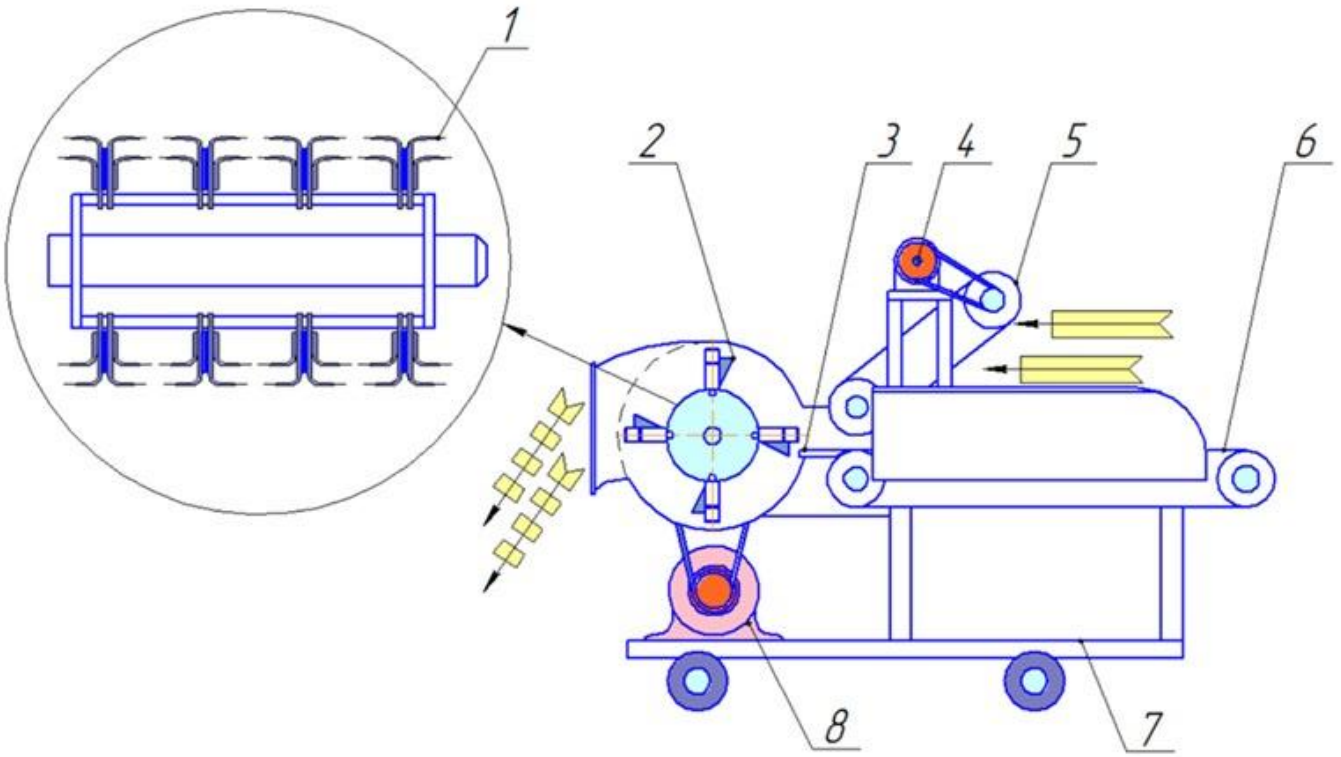


Рисунок 2 - Конструктивно-технологічна схема подрібнювача грубих стеблових кормів: 1 - поперечні серпоподібні леза; 2 - вертикальні клиновидні леза; 3 - протиріжуча; 4 - привід живильника; 5 - притискний транспортер; 6 - поздовжній транспортер; 7 - рама; 8 - привід барабана

Рисунок 3 - Види взаємодії комбінованого ножа зі стеблом

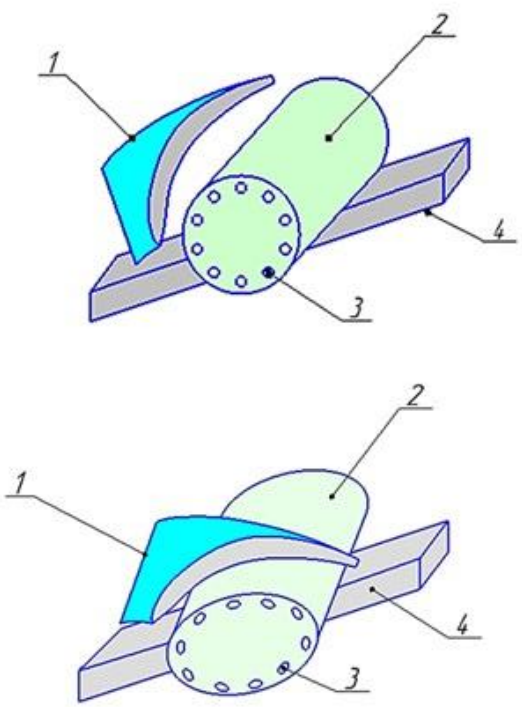


Рисунок 4 - Перетворення круглого перетину стебла в еліптичне: 1 - серповидне лезо комбінованого ножа; 2 - стебло; 3 - прожилки; 4 - протирізальна пластина

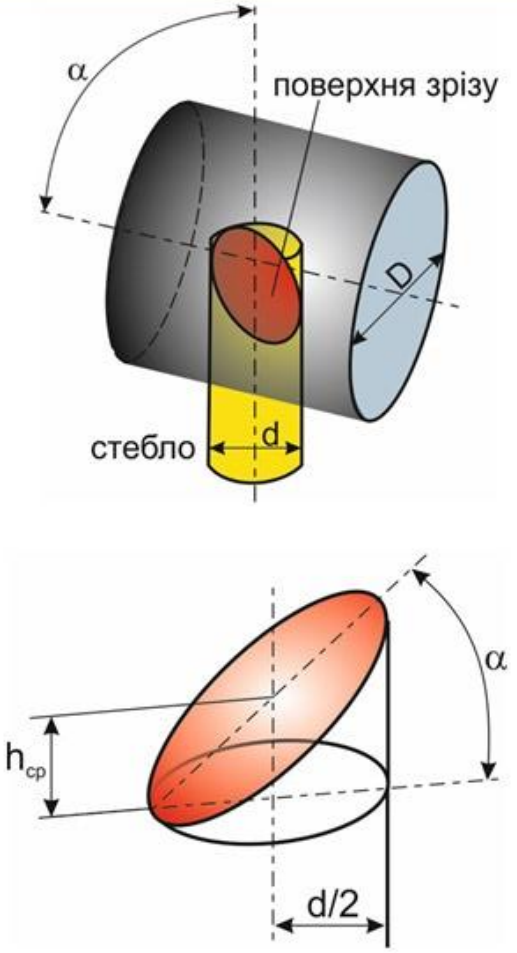


Рисунок 5 - Схема частки стебла, що відсікається

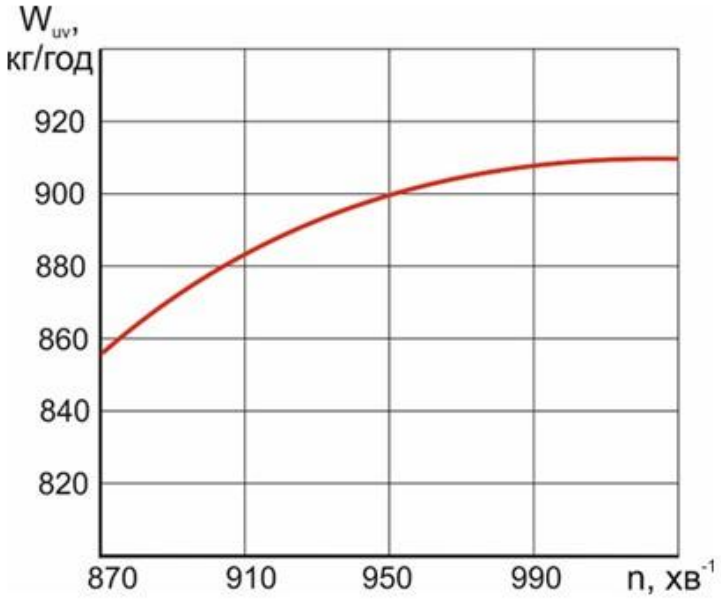
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

продуктивність

$$W_{uv} = \rho_c \cdot K_{ПН} \frac{\beta_1}{\beta_2} \cdot \frac{v_{сз} \cdot \theta}{l_0 \cdot 2\pi} \cdot \psi$$

потужність

$$N_б = \frac{K_{ПН} \cdot n_б}{\Delta S \cdot 60} \cdot \left(\frac{\Delta h_i^{/} \cdot E^{/} \cdot \Sigma S_{П}}{h_i^{/}} + \frac{\Delta h_i^{//} \cdot E^{//} \cdot \Sigma S_{о}}{h_i^{//}} + \sum_{i=1}^{n} F_i \right)$$



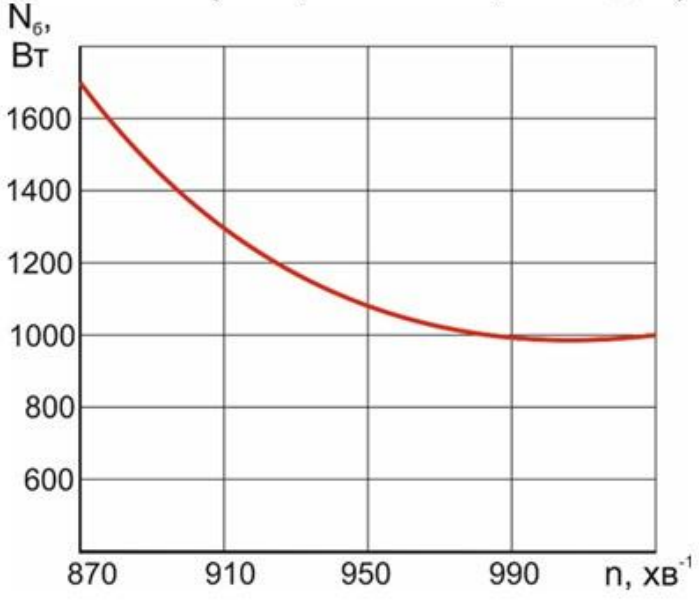


Рисунок 6 - Теоретична залежність продуктивності та витрат потужності на подрібнення стеблових кормів від частоти обертання його робочого органу

Найвища теоретична продуктивність (до 910 кг/год) спостерігається в діапазоні частот обертання робочого органу 950-1030 об/хв при цьому забезпечується режим мінімальних витрат потужності на подрібнення, які складають 1,01-1,1 кВт.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

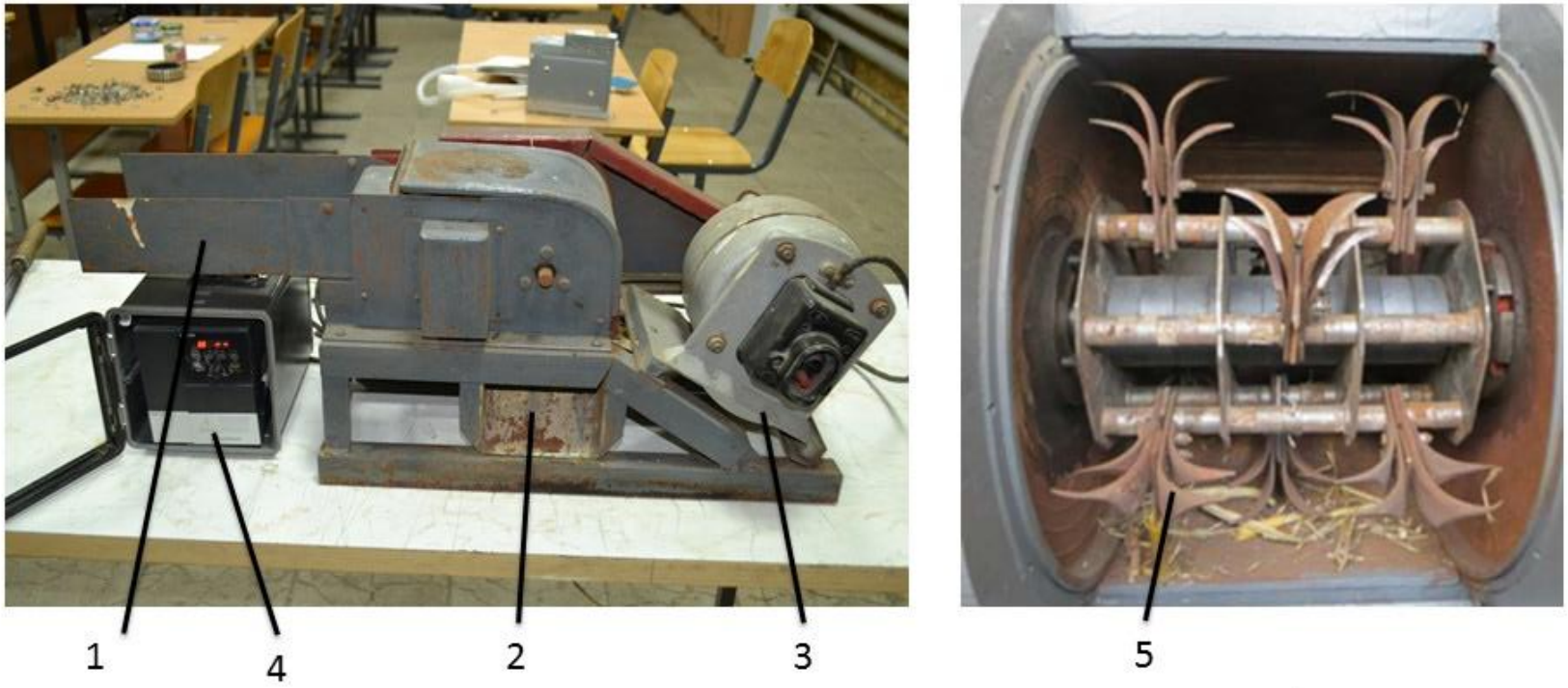
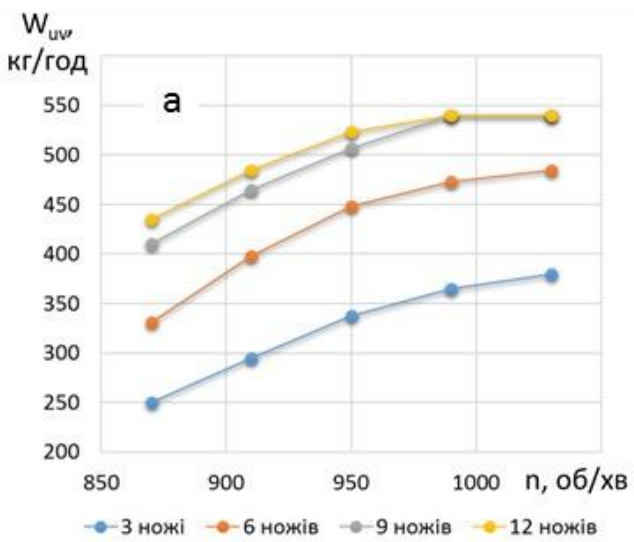
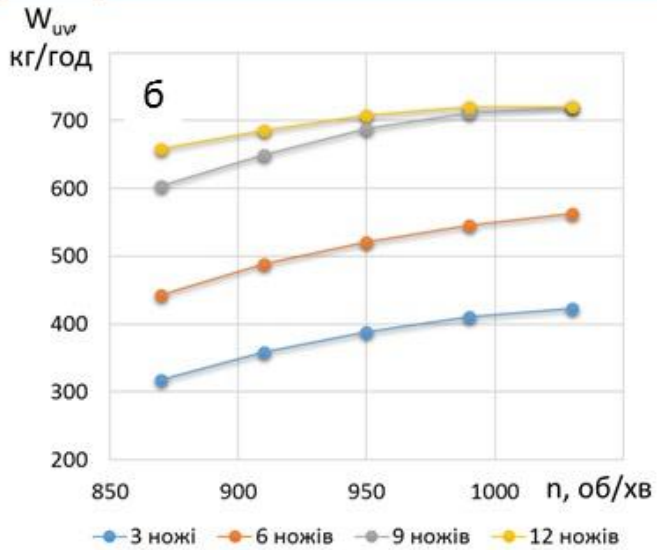


Рисунок 6 – Загальний вигляд експериментальної установки (а) та розробленого барабана (б): 1 – живильний транспортер; 2 – розвантажувальна горловина; 3 – електродвигун приводу;4 – частотний регулятор Hyundai N700E-015SF; 5 – комбіновані ножі

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ





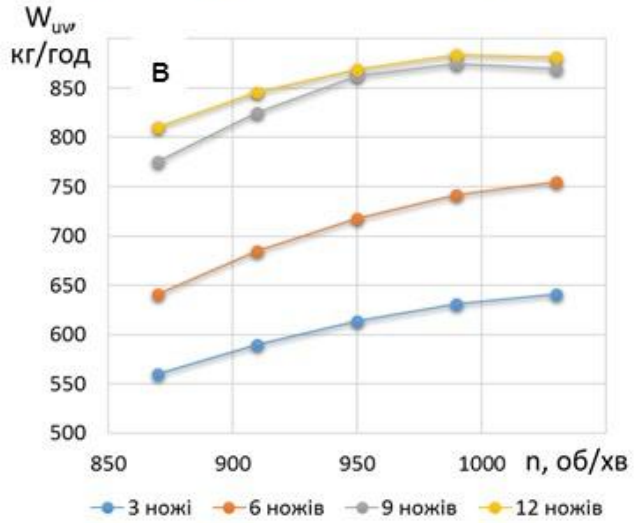


Рисунок 8 - Експериментальна залежність продуктивності подрібнювача від частоти обертання робочого органу і кількості комбінованих ножів при подачі стебел на подрібнення; а - 0,15 кг/с (540 кг/год); б - 0,20 кг/с (720 кг/год); в - 0,25 кг/с (900 кг/год)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

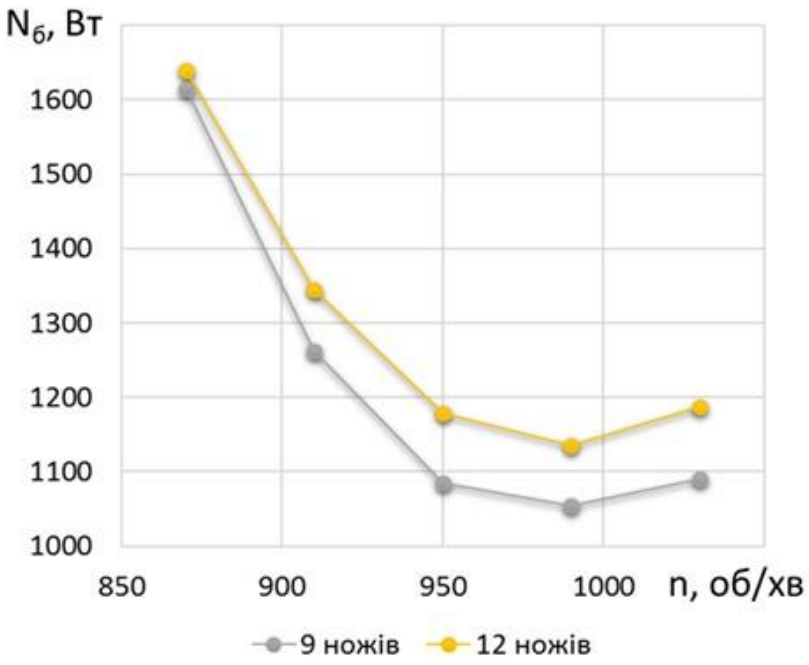


Рисунок 9 - Експериментальна залежність витрат потужності на подрібнення від частоти обертання робочого органу і кількості комбінованих ножів при подачі стебел на подрібнення 0,25 кг/с (900 кг/год)

В результаті однофакторних експериментальних досліджень визначені наступні раціональні параметри нового подрібнювача грубих стеблових кормів:

- раціональна подача стебел кукурудзи на подрібнення 0,25 кг/с;
- раціональна частота обертання робочого органу 950-1030 об/хв;
- раціональне кількість комбінованих ножів на робочому органі 9 штук;
- раціональна продуктивність досліджуваного подрібнювача знаходиться в межах 825-884 кг/год;
- витрати потужності на подрібнення становлять 1055-1090 Вт / год;
- в раціональних умовах енергоємність процесу подрібнення складе 1,193-1,31 кВт·год/т.

Вищенаведені дані отримані в результаті проведення експериментів зі стеблами кукурудзи.

Карта контролю показників безпеки подрібнювача стеблових кормів

№	Найменування вузла машини	Контролюючий показник, нормативні вимоги безпеки	Метод оцінки прилади, обладнання	Періодичність
1	2	3	4	5
1	Електродвигун	Відсутність пилу та бруду. Надійність кріплень. Наявність та справність заземлення. Ступінь нагріву. Надійність контактів з'єднання	Зовнішній огляд Випробування Огляд, випробування	□ ○ △
2	Привід подрібнювача	Наявність захисних кожухів.	Зовнішній огляд	□
3	Рама	Надійність зварної конструкції	Випробування	○
4	Електрошафа	Відсутність пилу та бруду. Відсутність вологи. Справність заземлення.	Зовнішній огляд Випробування	□ ○
5	Блок керування	Відсутність пилу, бруду, механічних пошкоджень. Надійність кріплень. Наявність та справність заземлення.	Зовнішній огляд Випробування	□ ○
6	Муфта	Наявність та справність заземлення.	Зовнішній огляд Випробування	□ ○

Умовні позначення: ○ – щозмінний; □ – щомісячний; △ – сезонний (річний).

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Показники	Варіанти	
	9Qz-0,6	експериментальний подрібнювач
Річний об'єм робіт, т	42,99	42,99
Добовий об'єм робіт, кг	286,6	286,6
Продуктивність, кг/год.	600	800
Потужність приводу, кВт	2,2	2,0
Питома енергоємність, кВт·год/т	3,7	2,6
Вага, кг	56,4	32,6
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Вартість, грн.	3860	2740
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	74,77	53,85
в т.ч.: витрати на електроенергію	10,19	5,49
витрати на ТО та ремонт	10,77	7,65
амортизаційні відрахування	8,98	6,37
заробітна платня	44,83	34,34
Додаткові капітальні вкладення, грн.	-	2740,00
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	1029,68
Строк окупності капітальних вкладень, років	-	2,7
Питомі приведені витрати, грн./т	88,23	63,41
Річний економічний ефект, грн.	-	1067,00

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для подрібнення грубих стеблових кормів найбільш перспективним є ковзне різання, оскільки даний вид подрібнення, реалізований в ефективних барабанних подрібнювачах, не вимагає застосування складних робочих органів і дозволяє знизити енергоємність процесу подрібнення за рахунок раціонального розподілу сил, що діють на подрібнюють стебла. Крім того, конструкція робочих органів, що забезпечують ковзне різання, дозволяє знизити матеріаломісткість барабанних подрібнювачів.

2. Теоретичні дослідження показали, що максимальна продуктивність подрібнювача пропонованої конструкції 909-921 кг/год досягається в діапазоні частот 950-1030 об/хв., однак перевищення частоти обертання робочого органу вище 990 об/хв. недоцільно, оскільки другий ярус лез на комбінованих ножах починає працювати неефективно через збільшеного кута установки другого ярусу лез після удару першим ярусом про стебло. Крім того, в діапазоні частот обертання робочого органу 950-1030 об/хв забезпечується режим мінімальних витрат потужності на подрібнення, які складають 1,01-1,1 кВт.

3. В результаті однофакторних експериментальних досліджень визначені наступні раціональні параметри нового подрібнювача грубих стеблових кормів:

- раціональна подача стебел кукурудзи на подрібнення 0,25 кг/с;
- раціональна частота обертання робочого органу 950-1030 об/хв;
- раціональне кількість комбінованих ножів на робочому органі 9 штук;
- раціональна продуктивність досліджуваного подрібнювача знаходиться в межах 825-884 кг/год;
- витрати потужності на подрібнення становлять 1055-1090 Вт / год;
- в раціональних умовах енергоємність процесу подрібнення складе 1,193-1,31 кВт·год/т. Вищенаведені дані отримані в результаті проведення експериментів зі стеблами кукурудзи.

4. З використанням актуальної нормативної документації та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження розробленого подрібнювача, встановлена дія небезпечних та шкідливих факторів на оператора. Для їх уникнення запропоновано відповідні заходи та приведено правила безпечного виконання робіт. Виявлено, що найбільш ймовірною надзвичайною ситуацією на фермі є пожежа, тому приведено порядок дій персоналу при її виникненні.

5. Техніко-економічна оцінка експериментального подрібнювача показала, що в порівнянні з базовим 9Qz-0,6 він має переваги за експлуатаційними витратами. При цьому строк окупності при впровадженні складе 2,7 роки, а річний економічний ефект за нашими розрахунками становить РЕ = 1067,00 грн.

MATERIÁLY
XVI MEZINÁRODNÍ VĚDECKO - PRAKTICKÁ KONFERENCE

MODERNÍ VYMOŽENOSTI VĚDY

22 - 30 ledna 2020 r.

Volume 10

Praha
Publishing House «Education and Science»
2020

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

Materiály XVI Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy», Volume 10 : Praha. Publishing House «Education and Science» -88 s.

Šéfredaktor: Prof. JUDr Zdenák Černák

Náměstek hlavního redaktora: Mgr. Alena Pelicánová

Zodpovědný za vydání: Mgr. Jana Štefko

Manažer: Mgr. Helena Žákovská

Technický pracovník: Bc. Kateřina Zahradníková

Materiály XVI Mezinárodní vědecko - praktická konference , Moderní vymoženosti vědy

Pro studentů, aspirantů a vždeckách pracovníků

Cena 50 kč

ISBN 978-966-8736-05-6

© Authors , 2020
© Publishing House «Education and Science» , 2020

к.т.н. Дудін В.Ю., магістрант Борщов Є.І.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

Метою приведених теоретичних досліджень є розробка технологічного процесу подрібнення грубих стеблових кормів подрібнювачем, робочий орган якого одночасно забезпечує ударну дію на стебла і їх ковзне різання шарнірно підвішеними комбінованими ножами.

Конструктивно-технологічна схема нового подрібшовача грубих стеблових кормів приведена на рис. 1.

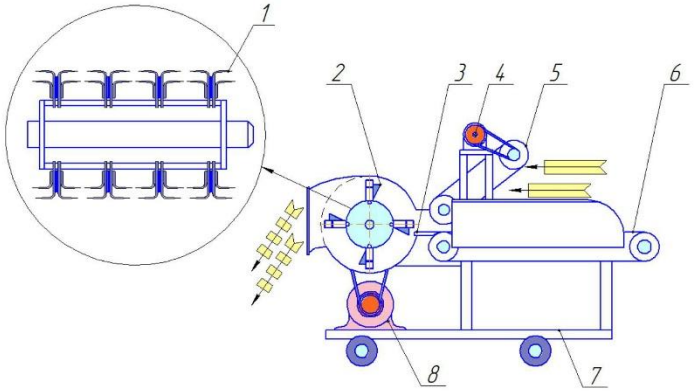


Рисунок 1 - Конструктивно-технологічна схема подрібнювача грубих стеблових кормів: 1 - поперечні серпоподібні леза; 2 - вертикальні клиновидні леза; 3 - протиріжуча; 4 - привід живильника; 5 - притискний транспортер; 6 - поздовжній транспортер; 7 - рама; 8 - привід барабана

Новий подрібнювач грубих стеблових кормів включає: систему завантаження (СЗ), камеру подрібнення (КП) і систему вивантаження (СВ) (рисунок 2).

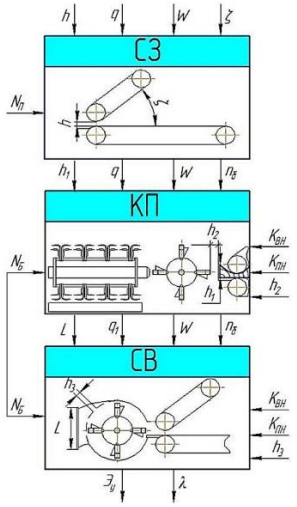


Рисунок 2 - Метод чорного ящика: СЗ - система завантаження; КП - камера подрібнення; СВ - система вивантаження; h - зазор між живильними вальцями; q - подача матеріалу в камеру подрібнення; W - вологість матеріалу; ζ - кут нахилу притискного транспортера; $N_П$ - потужність на привід живильника; h_1 - товщина шару матеріалу, що ріжеться; $n_б$ - частота обертання барабана; h_2 - зазор між ножами і протиріжучою; $K_{ВП}$ - кількість вертикальних лез; $B_{ПП}$ - кількість поперечних лез; $N_Б$ - потужність на привід барабана; L - розміри вивантажного вікна; q_1 - подача подрібненого матеріалу; h_3 - розмір отвору решета; h_4 - зазор між серпоподібними лезами E_y - питома енергоємність процесу подрібнення; λ - ступінь подрібнення

В якості робочого органу запропонований барабан з вільно підвішеними комбінованими ножами, що включають вертикальні клиновидні і поперечні серпоподібні леза. Робочий орган забезпечує поєднання способу різання пуансоном (рубки) і різання з ковзанням. Подрібнювач працює наступним чином. Неподрібнені стебла укладаються оператором на горизонтальний транспортер, потім вони, переміщаючись, стискаються за допомогою притискного транспортера і в спресованому вигляді подаються в подрібнюючий апарат, де здійснюється опорне різання. Вертикальні клиновидні леза розщеплюють частину стебел в поздовжньому напрямку, комбіновані ножі втрачають швидкість, при цьому забезпечуються оптимальні умови для змішого різання поперечними серпоподібними лезами. Однак ударне дія (рубка) частково зберігається, і частки стебла розщеплюються на шматки в результаті розриву прожилок стебла. При цьому опір різанню шару знижується.

Література:

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм.- Л.: Колос, 1978.- 560 с.

2. Gieroba J., Niedziolka I. Analiza jakosci rozdrabniania lodyg kukurydzy zbieranej na ziarno //Problemy inzynierii rolniczej.- № 3 (5).- P. 9-22.

ZEMĚDĚLSTVÍ

Mechanizace zemědělství

Дудін В.Ю., Уткін В.О. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СХЕМИ РОБОТИ ВАКУУМНИХ СИСТЕМ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК 30

Дудін В.Ю., Борщов Є.І. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ 34

ГАСАНОВ Х.М., КУНГУРОВ А.Р., САУЫТОВ О.А. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА СУШКИ КОРМОВОГО ЗЕРНА В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКИХ (КРЕСТЬЯНСКИХ) ХОЗЯЙСТВ 40

Rostlinná výroba, chov a semenářství

Ходаніцька О.О., Колісник О.М. ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЯТОРІВ РОЗВИТКУ В ПРАКТИЦІ РОСЛИННИЦТВА 45

FYZIKA

Astrophysics and kosmické záření

Нурбекова Г.А. АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ 50

CHEMIE A CHEMICKE TECHNOLOGIE

Organické chemie

Laguta M. , Kedelbayev , Lahanova G. , Iztleuov G. M. KINETICS AND MECHANISM OF THE HYDROGENATION OF BENZENE TO CYCLOHEXANE 53

MATEMATIKA

Aplikovaná matematika

Оспанов А.Т., Толупбеков Н.К., Жалгасбаев К.Ж. ЭКСПЕРИМЕНТТЕРДІ ЖОСПАРЛАУ ТЕОРИЯСЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДАҒЫ ӨНДІРІСТІК ПРОЦЕСТЕРДІ ТИІМДІ ҰЙЫМДАСТЫРУ 57

Сүлейманова Д.С. МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕРДІ КОМПЬЮТЕРЛІК БАғДАРЛАМАЛАР АРҚЫЛЫ ШЕШУ 61

Alikulov S.M., Kurakbaev Zh.S., Ibragimov U.M. NUMERICAL SIMULATION OF THE PHASE TRANSITION PROBLEM IN CONTROLLED SYSTEMS 64