

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний
інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних
виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

(підпис) Сергій БЛАЖЕНКО
(ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Олександр ГАВВА
(ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Інжиніринг фармацевтичних та
біотехнологічних виробництв»
на тему: «Удосконалення процесу різання лікарської рослинної сировини та
модернізація млина ножового типу продуктивністю 35 кг/год»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗОФ 2-3М _____

Сторожижин Тарас Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____
(підпис)

Керівник Десик Микола Григорович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____
(підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

(ім'я та прізвище) (підпис)

(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024_ р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Олександр ГАВВА

“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Сторожижин Тарас Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення процесу різання лікарської рослинної сировини та модернізація млина ножового типу продуктивністю 35 км/год»

керівник роботи Десик Микола Григорович, доцент, кандидат технічних наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “08” 11 2023р. №918-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2024

3. Вихідні дані до роботи млин ножового типу продуктивністю 35 кг/год,
процес різання рослинної сировини, а саме м'яти, рух ножа(леза) в продукті
при різанні

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація. Зміст. Вступ. Аналітичний огляд стану питання. Задачі досліджень. Методика досліджень. Дослідження процесу. Сутність удоскрналення. Підбір конструкційних матеріалів. Розрахунки обладнання. Правила монтажу, експлуатації та ремонту. Охорона праці. Охорона довкілля. Висновки. Список використаної літератури. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація на 16 аркушах

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання теми роботи.	08.11.2023	
2	Аналітичний огляд стану питання.	10.11.2023-13.11.2023	
3	Ознайомлення з патентами.	14.11.2023-20.11.2023	
4	Робота з дослідженнями	21.11.2023-05.12.2023	
5	Робота над сутністю удосконалення. Побудова та принцип роботи обладнання	06.12.2023-16.12.2023	
6	Підбір матеріалів	17.12.2023-20.12.2023	
7	Розрахунки обладнання	20.12.2023-05.01.2024	
8	Робота над кресленнями та специфікаціями	05.01.2024-22.01.2024	
9	Правила монтажу, охорона праці.	22.01.2024-24.01.2024	
10	Висновки	24.01.2024-26.01.2024	
11	Список літератури	10.11.2023-26.01.2024	
12	Презентація	27.01.2024	

Здобувач

_____ (підпис)

Тарас СТОРОЖИШИН

_____ (ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Микола ДЕСИК

_____ (ім'я та прізвище)

Анотація

Тема магістерської роботи «Удосконалення процесу різання лікарської рослинної сировини та модернізація млина ножового типу продуктивністю 35 кг/год».

Метою цієї роботи є удосконалення процесу різання стебел та листя лікарської рослинної сировини, враховуючи його вплив структурно-механічних властивостей на процес з ціллю зменшення витрат енергії на різання і покращення якості процесу.

Досліджуваним об'єктом є процес різання лікарської рослинної сировини та вдосконалення сучасного обладнання для різання лікарської рослинної сировини.

Записка включає в себе: вступ, аналітичний огляд стану питання, задачі, методика досліджень, дослідження процесу, будова та принцип роботи, розрахунок обладнання, монтаж та експлуатація, охорона праці, охорона довкілля, розрахунки, а також додатки: схеми, малюнки і таблиці.

Завдяки покращенню роторного млина для різання лікарської рослинної сировини, а саме заміна вузла подачі рослинної сировини на ножовий млин й приєднанні конвеєра стрічкового на якому знаходяться механізм направляючий рослинну сировину, дозволило продукту цілеспрямовано потрапляти на подрібнення. Механічна подача не тільки збільшить продуктивність але й допоможе зменшити або взагалі не спричинити застій продукту при великій щільності потоку.

Ключеві слова: різання, рослинна сировина, млин, подрібнення.

Abstract

The topic of the master's thesis "Improving the process of cutting medicinal plant raw materials and modernizing the knife-type mill by productivity.

35 kg/h".

The method of this work is to improve the process of cutting the stems and leaves of medicinal plant raw materials, taking into account its influence on the structural and mechanical properties of the process with the aim of reducing energy costs for cutting and improving the quality of the process.

The research object is the process of cutting medicinal plant raw materials and improvement of modern equipment for cutting medicinal plant raw materials.

The note includes: introduction, analytical overview of the issue, problems, research methodology, process research, structure and principle of operation, equipment calculation, installation and operation, labor protection, environmental protection, calculations, as well as appendices: diagrams, drawings and tables.

Thanks to the upgrade of the rotary mill for cutting medicinal plant raw materials, namely, the replacement of the plant raw material supply unit with a knife mill and the attached belt conveyor on which there is a mechanism that directs the plant raw materials, allowed the product to be purposefully obtained for grinding. Mechanical feeding will not only increase productivity, but also help to reduce or eliminate product stability at high flux densities.

Key words: cutting, vegetable raw materials, mill, grinding.

Зміст

Вступ.....	4
1. Аналітичний огляд стану питання	6
2. Задачі досліджень.....	28
3. Методика досліджень.....	30
3.1. <i>Опис експериментальної установки.....</i>	30
3.2. <i>Визначення режимних параметрів роботи установки.....</i>	32
3.3. <i>Порядок проведення досліджень.....</i>	37
4. Дослідження процесу.....	39
4.1. <i>Моделювання процесу руху леза в шарі продукту при різанні.....</i>	39
4.1.1 <i>Моделювання руху леза з врахуванням всіх сил.....</i>	40
4.1.2 <i>Моделювання руху леза без врахування сили тертя.....</i>	46
4.1.3 <i>Висновки що до результатів моделювання.....</i>	47
4.2. <i>Експериментальні дослідження процесу різання.....</i>	48
5. Сутність удосконалення. Побудова та принцип роботи обладнання.....	58
6. Підбір конструкційних матеріалів.....	63
7. Розрахунки обладнання.....	64
8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту.....	77
9. Охорона праці.....	82
10. Охорона довкілля.....	90
Висновки.....	93
Список використаної літератури.....	94
Додатки.....	99

Вступ

Різання – технологічний процес надання матеріалу-заготовці, необхідної форми, конфігурації розмірів та якості поверхні, за допомогою різноманітного різального інструмента. Це поширена та ключова технологічна операція в багатьох галузях харчової, фармацевтичної та перероблюючої промисловості. Від якості і швидкості її виконання на пряму залежить продуктивність і якість зовнішнього, товарного вигляду готової продукції.

Вид подрібнення обирають згідно з структурно-механічними властивостями сировини, відповідно: для рослинної сировини — стирання, удар, різання, тиснення; для крихких продуктів — роздавлювання, удар. Технологічне обладнання для подрібнення може бути таким, стираючої та роздавлювальної дії (валкові та дискові млини), ударної (молоткові дробарки), щілинної (гомогенізатори, гідродинамічні перетворювачі) і різальної (різальні машини) дії.

Сучасне харчове виробництво потребує в зменшенні витрат на ресурс енергії та часу на механічні процеси, особливо різання. Відомо, що зменшити зусилля різання можна при раціонально правильному підборі режимних параметрів процесу.

В літературі не має даних щодо того, як структура продукту і швидкість різального інструменту впливають на зміну зусиль під час різання. Також відсутні методи, які дозволяли б прямо визначити зусилля під час різання матеріалу при значних змінах швидкості ножа (леза). Зазвичай зусилля різання визначають лише для певної швидкості ножа (леза), яка не завжди є оптимальною. Математичні моделі не враховують достатньо впливу на процес режимів різання, тертя та адгезії. Також не була врахована багатосаровість продукту.

У сфері фармацевтичної промисловості лікарські трави використовуються для виготовлення екстрактів, настоїв, ефірних олій та лікарських препаратів. Перед

проведенням процесів масообміну сировину потрібно якісно подрібнити на однакові, рівномірні частинки. Найчастіше для цього використовується різання. З цією метою я використовував сучасне обладнання - ножовий млин РМ 120. Дослідження процесу різання стебел і листя м'яти проводилося з метою зменшення енерговитрат на різання та поліпшення якості процесу. Відомо, що для багатьох харчових продуктів зусилля різання при великих швидкостях ножа зменшуються, а якість зрізу покращується, продукт менше деформується під час різання.

Для поліпшення процесу різання і вирішення його недоліків було внесено зміни до вузла подачі рослинної сировини на конвеєр, додавши прижимний вал. Це сприятиме тому, щоб рослинна сировина постачалася на подрібнення рівномірно і без намотування на ротор, що допоможе зменшити відходи до мінімуму.

1. Аналітичний огляд стану питання

Для вивчення процесу та обладнання різання лікарської рослинної сировини ми провели аналіз науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціалізованих періодичних видань.

У цьому розділі приведено наукові дослідження, що описують методи, типи різання та обладнання для подрібнення рослинної сировини, а також відповідні патенти.

Різання рослинної та інших харчових продуктів і органічних матеріалів присвячено наукові праці В.А. Желіговського [13], який є основоположником теорії різання; Н.Є. Резніка [30], робота якого присвячені різання рослинної сировини; Н.В.Морозова, Паніна А.Д. [22, 26] (різання овочів та фруктів), А.Н. Даурського, Ю.А. Мачіхіна [10, 19] (різання кондитерських мас, систематизація праць по різання харчових продуктів).

Дослідження процесу різання харчових продуктів нерозривно пов'язано з вивченням їх фізико-механічних (структурно-механічних) і технологічних властивостей. Питання реології систематизовані та висвітлені в працях Ю.А. Мачихіна, С.А. Мачихіна [19,20], Б.М. Азарова [1], Б.А.Ніколаєва [24], В.С. Гуця [9].

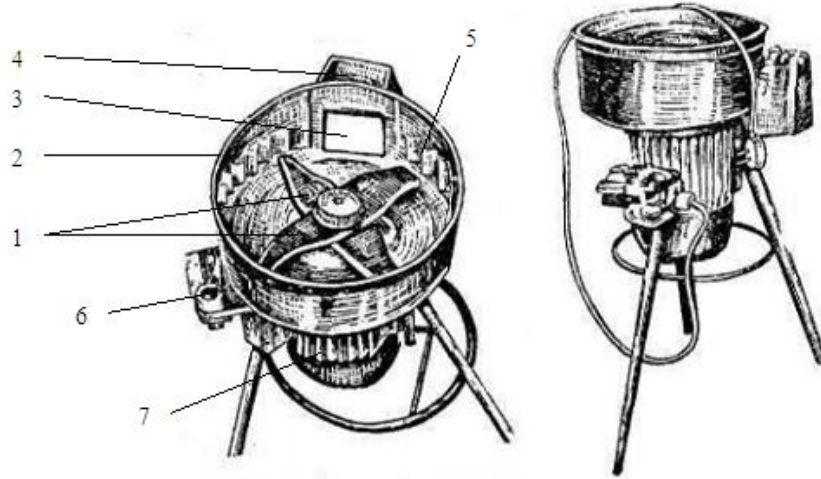
Також було проаналізовано зарубіжні роботи з різання сировини: N.Chevanan [36]- Поведінка ножа при нарізанні проса, соломи і кукурудзи; A.R. Womas[43]- Різання кукурудзяних стебел; С.Т. McCarthy[41]- точність різки прямих лопатей при м'яких та твердих тіл.

Аналіз наукових основ різання рослинної сировини показав, що це питання досліджено недостатньо і потребує глибшого розгляду процесів, які відбуваються під час різання.

Деякі спостереження були здійснені в галузі механічної обробки сировини, зокрема щодо методів подрібнення твердого харчового продукту. Для цього використовуються різні машини з різними методами подрібнення. Деяке обладнання має просту конструкцію, але має значні недоліки, в той час як інше, більш складне, має більше переваг, але при цьому є дорожчим.

1.1 Подрібнювач з електроприводом.

Перше обладнання, яке було згадане, застосовується для подрібнення кормів. Наприклад, деякі фермерські господарства використовують його для подрібнення соковитих кормів, таких як буряк, картопля, морква, топінамбур, гарбуз і трава, і часто ці подрібнювачі виготовляються самостійно.



*Рис 1.1 подрібнювач з електроприводом: 1 - ножі; 2 - бункер;
3 – завантажувальний люк; 4 - кришка; 5 - відбійник;
6 – пусковий пульт; 7 - електродвигун.*

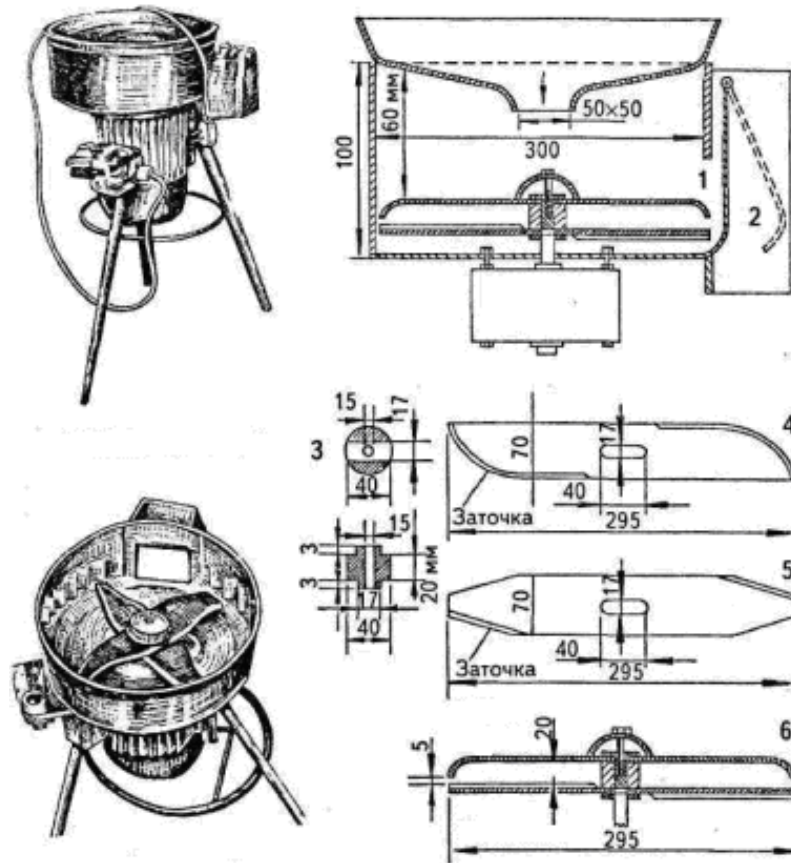


Рис 1.2 подрібнювач з електроприводом: 1 - кришка закрита; 2 - кришка відкрита; 3 - втулка; 4, 5 - ніж; 6 - ніж в зібраному стані з втулкою

Технологічні характеристики :

Продуктивність: до 100 кг/год.;

Потужність електродвигуна: 500 Вт;

Частота обертання: не більше за 65 об/хв.

1.2 Подрібнювач ПЗК-1

Подрібнювач застосовується для подрібнення зерна і коренеплодів.

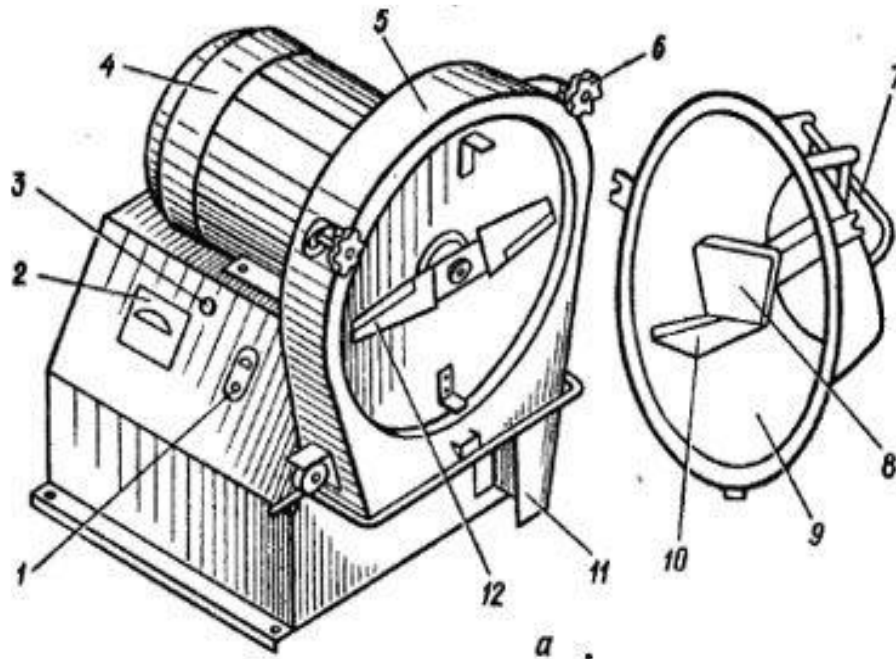


Рис.1.3 Загальний вигляд подрібнювача зерна і коренеплодів

«ПЗК-1»: 1 - пусковий пульт; 2 - амперметр контролю навантаження; 3 - сигнальна лампа; 4 - електродвигун; 5 - корпус для подрібнення сировини; 6 - маховик; 7 - кришка бункера; 8 - затискач; 9 - змінний бункер; 10 - направляюча; 11 - ємність; 12 - ніж.

Технологічні характеристики :

Продуктивність:

При подрібненні зерна 50-100 кг/год.

При подрібненні трави 30 кг/год.

Модуль подрібнення зерна: не більш 2,6 мм.;

Довжина трави: 15 мм.;

Потужністю електродвигуна: 0,6 кВт;

Габаритні розміри: 630×592×1240 мм;

Вага обладнання: 35 кг.

1.3 Дробарка підвісна «ДПК-1»

Механізм приводу активується від вала відбору потужності мотоблока МБ-1 за допомогою клинопасової передачі. Подрібнювач обладнаний двома змінними насадками: одна для дріблення зерна, а інша для подрібнення коренеплодів. У центрі корпусу (11) розміщений короткий вал із шківом на його кінці.

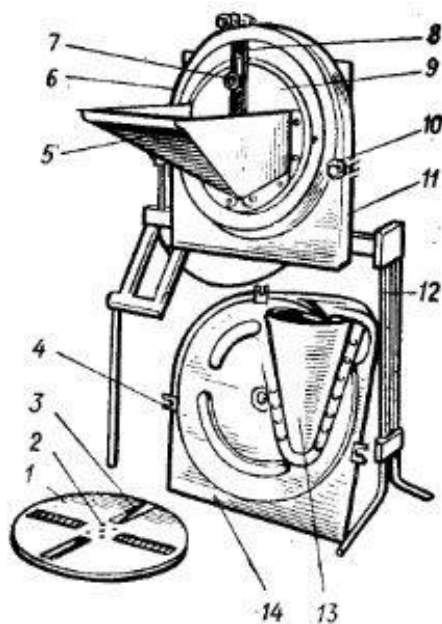


Рис. 1.4 Дробарка підвісна кормова «ДПК-1»

- 1- диск;
- 2- отвір для кріплення диска
- 3- ніж
- 4- вилка;
- 5- бункер сировини;
- 6- змінна насадки для зерна;
- 7- гвинт з маховиком;
- 8- рейка;
- 9- щока;
- 10-відкидний гвинт з маховиком;
- 11- корпус;
- 12- опора;
- 13- жолоб для подачі сировини;
- 14- змінна частина для подрібнення плодів;

Технологічні характеристики :

При подрібненні зерна 300 кг/год.

При подрібненні коренеплодів 600 кг/год.

Середній розмір подрібненого продукту:

Солома—10-15 мм.;

Зерно—1,2-1,8 мм.;

Потужністю електродвигуна: 1,1 кВт;

Габаритні розміри: 680*640*1220 мм;

Вага обладнання: 38 кг.

1.4 Електродробарка харчових відходів ЕД-Т-1 дозволяє подрібнювати майже всі види харчових та рослинних відходів.

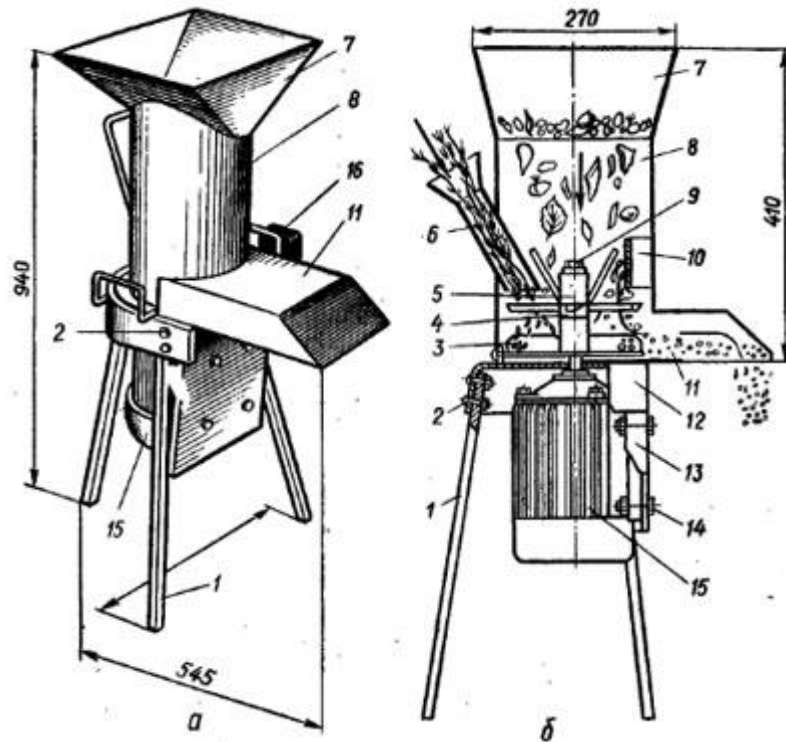


Рис 1.5 Електродробарка ЕД-Т-1: (а)- Загальний вигляд і конструктивно-технологічна схема, (б) - електродробарка: 1 - стійка; 2 - гвинт кріплення стійки; 3 - диск з лопастями; 4, 5 - нижній і верхній ніж; 6 - завантажувальний бункер стебел; 7 - завантажувальний бункер; 8 - корпус; 9 - болт кріплення робочих органів; 10 - противоріз; 11 - вивантажувач; 12 - платформа; 13 - плита; 14 - болт кріплення двигуна; 15 - електродвигун; 16 – пусковий пульт

Ефективність роботи дробарки знижується навіть при легкому затупленні ножів (лез), тому рекомендується систематично їх заточувати. Продуктивність дробарки при різанні харчових відходів складає не менше 80 кг/год, а при різанні стебельчатих обрізних гілок - не менше 50 кг/год. Електродвигун має потужність 0,6 кВт, частота обертання вала становить 2940 обертів за хвилину, маса дробарки - 30 кг, та її обслуговування можливе однією людиною.

1.5 Дробарка зерна ДЗ-Т-1

Дробарка зерна ДЗ-Т-1 (рис. 1.6) має змінні решітки, з отворами діаметром 4, 6 і 8 мм.

Зерно засипається в бункер 1 і потім висипається через щілину в дробильну камеру, яка розташована між деками та обертовим в камері молотковим ротором. Після подрібнення продукт направляєтся в напірний канал 6, який заблокований на виході решетом. Дрібні частинки проходять через отвори решета, а частки, розмір яких перевищує діаметр отворів, захоплюються молотками і повторно надсилаються в дробильну камеру для додаткового дрібнення.

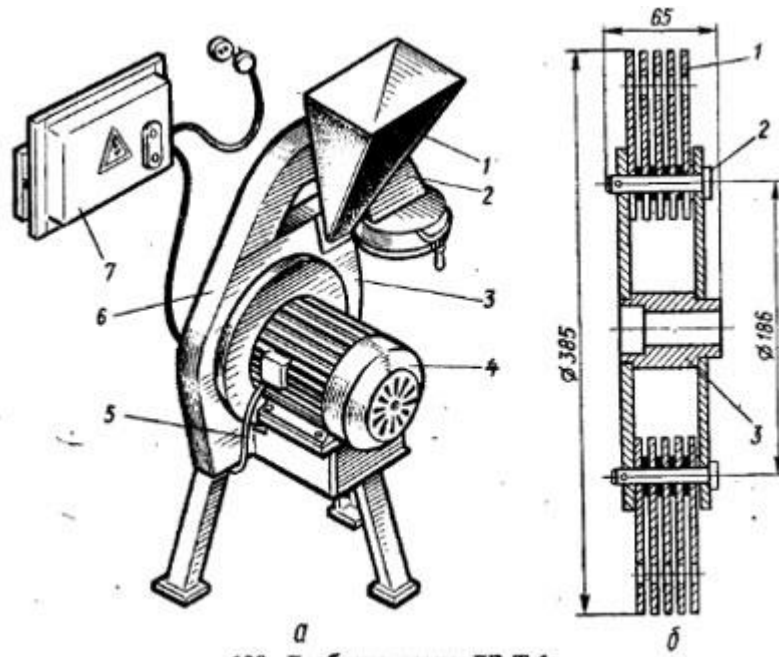


Рис 1.6 Дробарка зерна ДЗ-Т-1: а- загальний вигляд; 1 – завантажувальний бункер;

2 – патрубок вивантаження; 3 – корпус; 4 – електродвигун; 5 – електропровід;

6 – направляючий канал; 7 – блок конденсаторів; б – молотковий ротор;

1 – молотки; 2 – палець; 3 – ротор;

Технологічні характеристики :

Продуктивність 30 – 60 кг/год.; Середній розмір подрібненого продукту –

Зерно: 0,8-1,2 мм; Потужністю електродвигуна: 0,6 – 1,1 кВт;

1.6 Мікродробарка МКД-Ф-1

Зерно засипається в бункер 4 (див. рис. 1.7) і потім через вставку 2 подається в корпус 19, де відбувається подрібнення між декою 11 та обертовим ротором 5, на якому встановлені фрези 16. Частинки, розмір яких менше діаметра отворів у решітці 12, випадають у мішок, що закріплений на мішко-тримачі 17 (дробарка має дві решітки - з отворами діаметром 3 і 4 мм). Для забезпечення якісного подрібнення зерна оптимальна відстань між фрезами 16 і декою

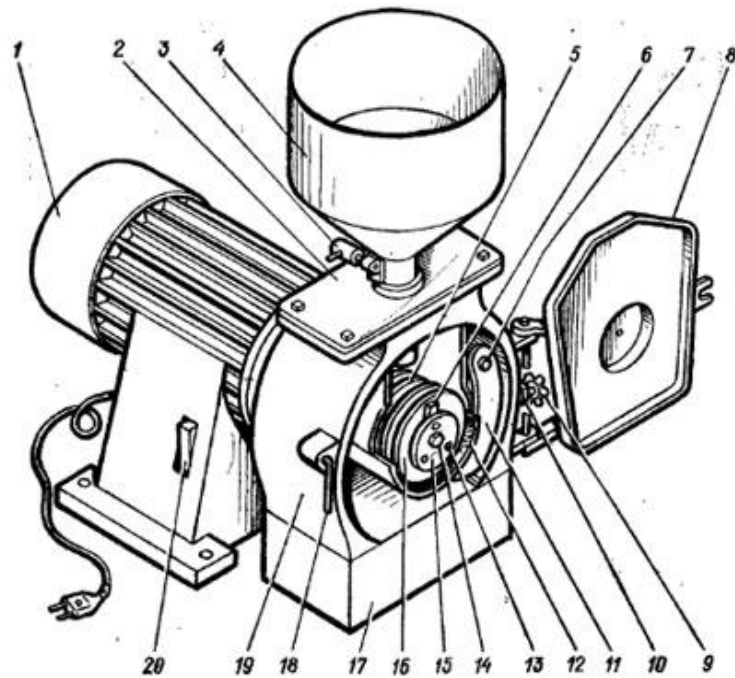


Рис 1.7 Мікродробарка МКД-Ф-1

Технологічні характеристики :

Продуктивність 35-60 кг/год;

потужність 0,45 кВт;

Габаритні розміри 420×525 мм, маса 20,8 кг.

Також доступні патентні заявки на пристрої для подрібнення сировини.

1.1 Подрібнювач кормів.

19	RU	11	2168296	13	C1
(51) МПК ⁷ A01F29/00					
Статус: по данным на 27.04.2012 - прекратил действие Пошлина:					
(21), (22) Заявка: 2000120281/13, 01.08.2000					
(24) Дата початку відліку терміну дії патента: 01.08.2000					
(43) Дата публікації заявки: 10.06.2001			(71) Заявник(и): Сафонов Александр Сергеевич		
(45) Опубліковано: 10.06.2001			(72) Автор(и): Сафонов А.С., ЛитвинВ.И., Мамедов А.Ф.		
(56) Список документів, цитованих в звіті про пошук: RU 2125363 C1, 27.01.1999.RU 1521367 A1, 15.11.1989. SU 1464960 A1, 15.03.1989. SU 1653626 A1, 07.06.1991. SU 2080770 C1, 10.06.1997. SU 1642551 A1, 15.04.1991. SU 23490, 31.10.1931. FR 2420912 A1, 26.10.1976. КУЛАКОВСКИЙ И.В. и др. Машины и оборудование для приготовления кормов. Справочник. Ч. 1. - М.: Россельхозиздат, 1987, с.210-211, рис.63.			(73) Патентовласник(и): Сафонов Александр Сергеевич		

(54) Подрібнювач кормів <https://www.freepatent.ru/patents/2168297>

Винахід призначений для подрібнення рослинних кормів і може бути використаний на тваринницьких фермах. Подрібнювач містить вертикальну камеру, що подає та вивантажувальні пристрої. У камері розміщено нерухомий диск зі штифтами та дисковий ротор з рядами пальців, розташованими по концентричних колах між штифтами. На дисковому роторі встановлені лопатки. Привід дискового ротора виконаний у вигляді розташованого всередині торцевої камери електродвигуна з нерухомим статором, що має форму кільця. Ротором електродвигуна є частина дискового ротора, яка звернена до статора, виконана у вигляді плоского кільця з магнітопровідного матеріалу з покриттям з електропровідного матеріалу. Винахід забезпечує підвищення зручності експлуатації подрібнювача в обмежених умовах за рахунок спрощення його конструкції, зменшення ваги та габаритних розмірів, а також підвищення якості подрібненого продукту та продуктивності подрібнювача при зниженні енергоємності процесу подрібнення кормів.

Винахід відноситься до сільського господарства, а саме до пристроїв для подрібнення стеблинних кормів, наприклад соломи, і може бути використане на тваринницьких фермах та комбікормової промисловості.

Відомий подрібнювач грубих кормів, що містить вертикальну камеру, подає і вивантажувальний пристрій, розміщені всередині камери нерухомий диск зі штифтами і дисковий ротор з рядами пальців, розташованими по концентричних кіл між штифтами, і з лопатками, встановленими на дисковому роторі, і привід, виконаний у вигляді електродвигуна, розташованого на рамі, ротор якого з'єднаний муфтою з дисковим ротором

Недоліки цього відомого подрібнювача грубих кормів полягають у незручності його використання внаслідок великих габаритних розмірів подрібнювача та зовнішнього розташування електродвигуна, високої вартості останнього та значних втрат енергії у двигуні, а також низької стійкості роботи подрібнювача.

Даний відомий подрібнювач кормів компактний і зручний в експлуатації, проте має досить складну конструкцію і має високу матеріаломісткість, а також вимагає низької швидкості обертання дискового ротора, розташованого з боку подавального та вивантажувального пристроїв, що призводить до погіршення якості подрібненого продукту, зниження продуктивності подрібнювача та підвищення енергоємності процесу подрібнення кормів

Завданням цього винаходу є підвищення зручності експлуатації подрібнювача кормів за рахунок спрощення його конструкції, зменшення ваги та габаритних розмірів, а також підвищення якості подрібненого продукту та продуктивності подрібнювача кормів при зниженні енергоємності процесу подрібнення кормів.

Рішення поставленої задачі досягається тим, що у подрібнювача кормів, що містить вертикальну камеру, подає і вивантажувальний пристрій, розміщені всередині камери нерухомий диск зі штифтами і дисковий ротор зі встановленими на одній його стороні лопатками і рядами пальців, розташованими по концентричних кіл між штифтами, і змонтований всередині камери електродвигун, що має нерухомий статор і ротор, що є частиною згаданого дискового ротора, згідно винаходу електродвигун виконаний торцевим з ротором і статором у вигляді плоских кілець, причому ротор електродвигуна складається з магнітопровідного матеріалу з покриттям з електропровідного матеріалу і співвісно закріплений на стороні не несучої лопатки та пальці, а статор електродвигуна розміщений між стінкою камери та стороною дискового ротора, на якій закріплено кільце ротора електродвигуна, при цьому розміри дискового ротора, статора та ротора електродвигуна обрані із співвідношень: $\text{Дел}/\text{Дд.р} = 0,40 - 0,6$; $\text{Дел}/\text{Дд.р} = 0,2 - 0,35$,

де Дд.р - діаметр дискового ротора, Дел - зовнішній діаметр кільця ротора та статора електродвигуна, дел - внутрішній діаметр кільця ротора та статора електродвигуна.

Необхідність підвищення стійкості роботи подрібнювача обумовлена тим, що при підвищеній вологості солома важко піддається подрібненню, стебла зависають на штифтах і загальмовують диск, в результаті чого двигун може втратити стійкість. Сутність винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 зображено подрібнювач кормів, поздовжній розріз; на фіг. 2 - те саме, поперечний ступінчастий розріз А-А на фіг. 1.

Подрібнювач кормів містить вертикальну подрібнювальну камеру 1, що подає транспортерний пристрій 2, вивантажувальний пристрій 3, виконане у вигляді патрубку, тангенціально розташованого вгорі камери 1 і має ширину, приблизно рівну половині осьової довжини камери 1. Усередині камери 1 розміщені нерухомий диск 4 дисковий ротор 6 з встановленими на одній його стороні рядами пальців 7, розташованими по концентричних кіл між штифтами 5, і радіальними лопатками 8 і 9, торцевий електродвигун, що складається зі статора у формі кільця 10 і ротора 11, який являє собою частину дискового ротора 6, звернену до статора 10.

Ротор 11 електродвигуна виконаний у вигляді плоского кільця, що складається з магнітопровідного матеріалу з покриттям з електропровідного матеріалу та співвісно закріпленого на стороні дискового ротора 6, не несе лопатки 8 і 9 і пальці 7. Статор 10 електродвигуна виконаний у вигляді плоского кільця і розміщений між стінкою камери 1 і стороною дискового ротора 6, на якій закріплено кільце ротора 11 електродвигуна.

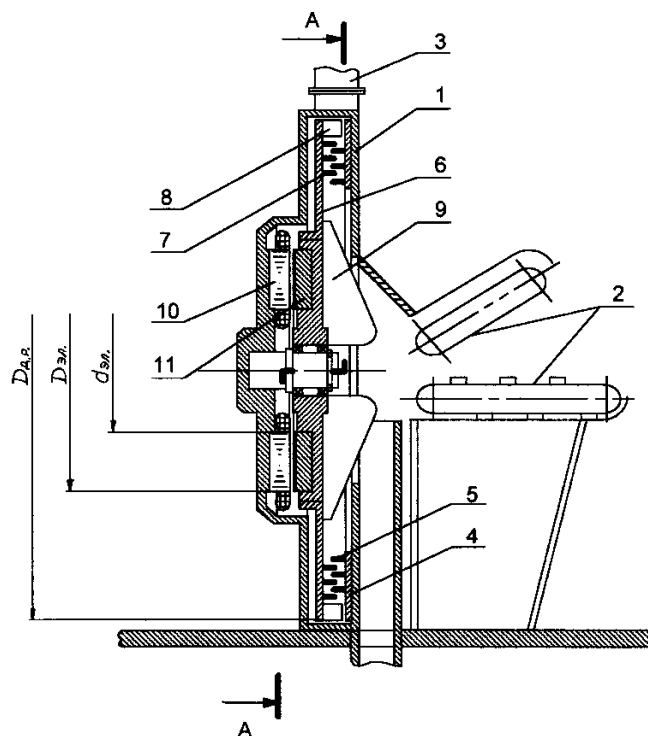
Подрібнювач працює в такий спосіб. Вихідний матеріал, наприклад солома, з подає транспортерного пристрою 2 і під дією повітряного потоку, створюваного лопатками 9, втягується в подрібнювальну камеру 1, де під дією штифтів 5, розташованих на нерухомому диску 4, і пальців 7, розташованих між штифтами 5 на обертовому роторі 6 відбувається подрібнення корму за рахунок його зламу, розриву і перетирання до потрібної фракції, потім готовий подрібнений продукт повітряним потоком і лопатками 8, а також під дією відцентрових сил викидається в патрубок вивантажувального пристрою 3.

Виконання статора 10 електродвигуна у формі кільця і розміщення вертикально всередині камери, коли ротор електродвигуна є частиною робочого органу подрібнювача кормів, дозволяє знизити габарити приводу, поліпшити його енергетичні показники.

Даний подрібнювач кормів має просту конструкцію, тому є простим у виготовленні, зручним і надійним в експлуатації, крім того, він має невелику вагу і зменшені габаритні розміри, тобто. є компактным і зручним для використання в стиснених умовах, а також здатний забезпечити високу якість подрібненого продукту та необхідну продуктивність при зниженні енергоємності процесу подрібнення кормів.

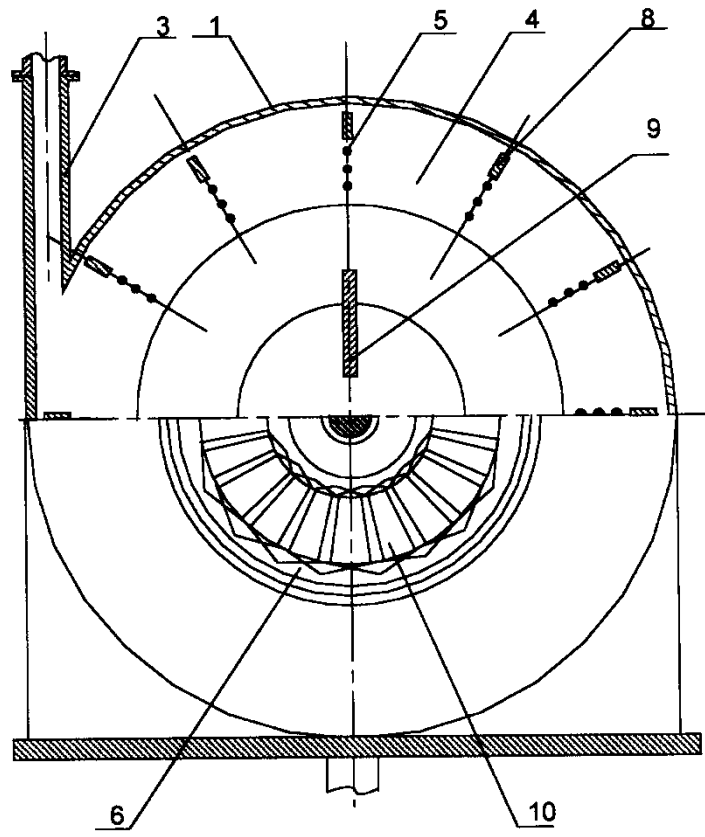
формула винаходу

Подрібнювач кормів, що містить вертикальну камеру, подає і вивантажувальні пристрої, розміщені всередині камери нерухомий диск зі штифтами і дисковий ротор зі встановленими на одній його стороні лопатками і рядами пальців, розташованими по концентричних колах між штифтами, і змонтований всередині камери електродвигун, що має нерухомий статор ротор, що є частиною згаданого дискового ротора, відрізняється тим, що електродвигун виконаний торцевим з ротором і статором у вигляді плоских кілець, при цьому ротор електродвигуна співвісно закріплений на стороні дискового ротора, не несе лопатки і пальці, і виконаний з магнітопровідного матеріалу з матеріалу, а статор електродвигуна розміщений між стінкою камери та стороною дискового ротора, на якій закріплено кільце ротора електродвигуна, причому розміри дискового ротора, статора та ротора електродвигуна вибрані із співвідношень.



Фиг. 1

A-A



Фиг. 2

1.2 Ріжучий млин для подрібнення синтетичних матеріальних тіл

<https://patents.justia.com/patent/4545539>

United States Patent [19]
Steffensen

[11] Patent Number: **4,545,539**
[45] Date of Patent: **Oct. 8, 1985**

[54] CUTTING MILL FOR THE COMMINATION OF SYNTHETIC MATERIAL BODIES SUCH AS RUNNERS, INJECTION MOULDING PARTS, BLOWN MOULDING PARTS AND THE LIKE

[76] Inventor: **Bjarne T. Steffensen, Odensevej 22, 5690 Tommerup, Denmark**

[21] Appl. No.: **613,760**

[22] Filed: **May 24, 1984**

Related U.S. Application Data

[63] Continuation of Ser. No. 372,811, Apr. 28, 1982, abandoned.

[30] **Foreign Application Priority Data**

May 7, 1981 [DK] Denmark 2024/81
Jan. 15, 1982 [DE] Fed. Rep. of Germany 3201096

[51] Int. Cl.⁴ **B02C 13/02**

[52] U.S. Cl. **241/73; 241/160; 241/222; 241/242; 241/243**

[58] Field of Search **241/73, 158, 160, 190, 241/222-225, 242, 243, 294**

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

305,711	9/1884	Phillips	.....	241/158
2,544,072	3/1951	Dutra, Jr.	.....	241/190
4,000,860	1/1977	Gotham	.....	241/294 X
4,061,284	12/1977	Raisbule et al.	.....	241/294
4,106,708	8/1978	Kropa	.....	241/294 X
4,151,960	5/1979	Peterson, Jr.	.....	241/73
4,176,800	12/1979	Brewer	.....	241/294 X

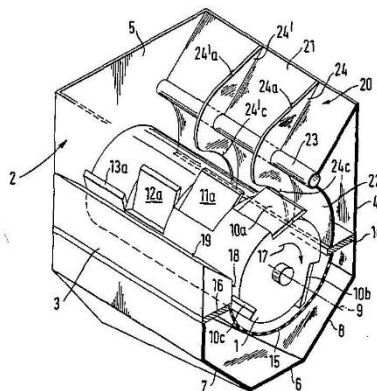
FOREIGN PATENT DOCUMENTS

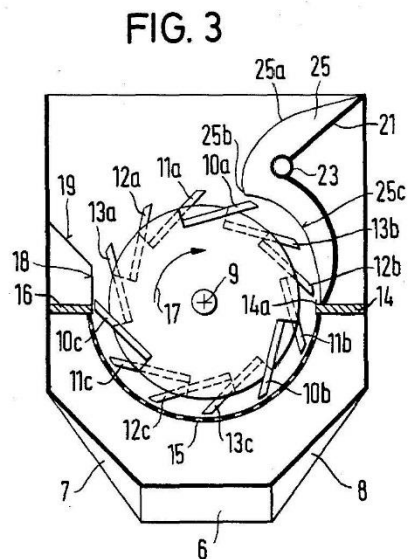
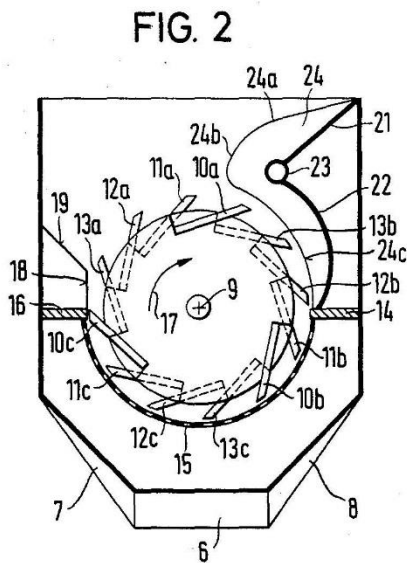
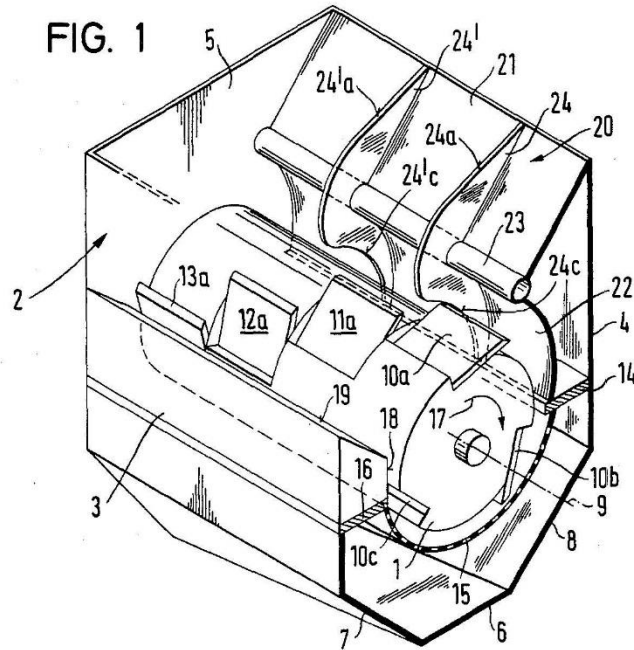
1168222 12/1960 Fed. Rep. of Germany .
2216640 4/1972 Fed. Rep. of Germany .
2309400 2/1973 Fed. Rep. of Germany .

Primary Examiner—Howard N. Goldberg
Assistant Examiner—Timothy V. Eley
Attorney, Agent, or Firm—Bernard, Rothwell & Brown
57) РЕЗЮМЕ

Винахід відноситься до різального млина для комі- виготовлення сітунів, деталей для лиття під тиском, вибувних форм- деталей і так далі в роботі синтетичного мате- машина для обробки різалу. Відходи або бракування частин стас наявні слід, якщо можливо, повернути назад до технологічний цикл машини після подрібнення до гранульований розмір для використання в якості регенерату. Для цієї мети використовується різальний млин, що має циліндричну форму ведений ротор, встановлений в корпусі, по периферії в лисх ротор безліч суміжно розташованих розрізів об'єднані в один елементів, які взаємодіють з принаймні одним стаціонарним лезом у сумішці іде, в якому сито для фільтрації подрібненого матеріал поширюється на частину межі ротор. Різальна фреза забезпечує додатковий засід для захват і прискорення перед стаціонарним лезом, розташована у вхідному напрямку, і є характерним характеризується тим, що ротор обертається в відносно низької швидкості обертання нижче 500 об/хв, бажано приблизно швидку 100 об/хв. Додатковий засід виготовлений з циліндричного тисмача з нахиленим поверхнею граней і безліч направляючих пластин переважно однакові розташовані по довжині корпусу, в якому ці напрямні пластини переважно лежать у площинах під прямим кутом до вісь ротора.

14 претензій, 6 малюнків





CUTTING MILL FOR THE COMMINATION OF SYNTHETIC MATERIAL BODIES SUCH AS RUNNERS, INJECTION MOULDING PARTS, BLOWN MOULDING PARTS AND THE LIKE

This is a continuation of application Ser. No. 372,811 filed Apr. 28, 1982, now abandoned.

The invention relates to a cutting mill for the comminution of synthetic material bodies as runners, injection moulding parts, blown moulding parts and the like. A known cutting mill comprises: a cylindrical driven rotor positioned in a housing, over the periphery of which rotor a plurality of cutting element groups are arranged in mutually staggered relationship, which cutting element groups cooperate with at least one stationary blade provided in the housing; and a sieve extending over a part of the periphery of the rotor for the filtering of milled material.

Cutting mills of such a construction are known, for example from German Offenlegungsschrift No. 22 16 640. This publication describes a cutting mill rotor in the form of a rotating roller for the comminution of large compact pieces of synthetic material. In this case, the rotor carries groups of knives having blades with parallel axes, wherein these knives are distributed along the length of the rotor in a plurality of groups and the axially adjacent groups are mutually staggered in the peripheral direction, in order in operation of the cutting mill to allow individual cutting knives on the cutting mill rotor to come into engagement with the stationary blade in each case sequentially.

The known cutting mill operates usually with a rotational speed between approximately 1000 and 1500 revolutions per minute. For the comminution of large compact pieces of synthetic material, such cutting speeds are acceptable. For the comminution of runners and injection moulding parts such high cutting speeds are unfavorable, since the less compact variously shaped material of off-cuts from injection moulding machines springs back, holds back from the cutting entrance, and jumps out again from the cutting aperture, so that protective covers must be provided above the cutting mill in order to catch the material, for noise suppression, and also for the avoidance of an undesired formation of dust.

Therefore, one must provide the cutting mills of the prior art for comminution of runners additionally with the said protective devices, as a result of which their constructional height becomes greater. With the progressive development of synthetic material extrusion technology, and in the setting of automation of the operation of injection moulding machines, it was desired as far as possible to convey runners accumulating during each cycle without manual intervention for re-use in the inject moulding machine after corresponding comminution.

In the area of automation of the injection moulding machine for quantity production of mass produced components, there is therefore the requirement to re-process accumulating runners immediately. This reprocessing then takes place in such manner that the runners are so comminuted, that is so reduced in size, that they approximately correspond in their grain size with the general granulate and are mixed together with the granulate as a regenerated material as required. With certain injection moulding parts, the regenerated portion can form a high percentage of the total amount of synthetic material fed to the injection moulding machine.

With the known cutting mills for the treatment of runners, one proceeded earlier in such a way that the runners were conveyed from the place of their production laterally to the cutting mill by means of a large screw conveyor or by means of a type of sloping elevator, which picked up the runner and transported it upwards, where it could be fed into the laterally arranged cutting mill. There are also already known pneumatic arrangements for the conveyance of the runners into the region of the cutting mill. The use of compressed air leads, however, in undesirable manner, to dust production which, as already mentioned, is unavoidable during the processing of runners with fast-running cutting mills.

The described devices for the comminution or runners of injection moulding machines for their re-use as a regenerated substance in the injection cycles, produce the described disadvantages of a relatively large noise and dust production. It is possible to counter these disadvantages simply by means of corresponding isolation of the housing, dust covers and the like. The constructional height of the known cutting mills is as a result so large that sometimes their desired accommodation beneath an injection moulding machine cannot be achieved, since the space available there (approx. 500 to 600 mm) is in most cases insufficient to place the cutting mills in this position.

It is therefore the aim of the invention to avoid the described disadvantages and, starting from a cutting mill of the type described in the introduction, to provide an arrangement which displays a relatively small noise and dust production in operation, which can be arranged beneath a normal injection moulding machine, and serves efficiently for the comminution of runners injection moulding parts, and also blown moulding parts which should be conveyed for reprocessing as regenerated substance.

According to the invention, there are provided means for gripping and precomminution before the stationary blade in the entry direction and drive means for driving the rotor with a rotational speed of below 500 Rpm. Owing to the fact that one allows the cylindrical cutting blade rotor to rotate with a relatively low rotational speed, the problem of undesired noise and dust production is overcome in a simple manner. The essential improvement according to the invention of the already known cutting mills for the stated purpose consists, however, in the additional means for gripping and precomminution before drawing in the runners and injection moulding parts to the stationary blade. The gripping and precomminution means extend peripherally over a portion of the rotor from a region in the proximity of the edge of the stationary blade. Preferably, this means consists of laminar elements (sometimes referred to as lamellas or plates) which are arranged orthogonal to the axis of the cutting blade rotor in the housing. The plates have generally curved lower input or entry edges or surfaces which extend peripherally over a portion of the rotor and lie slightly outside the path of the cutting edges of the rotor. The generally curved lower input edges may have various configurations, e.g., smooth or toothed, depending upon the material to be comminuted. and extend from the proximity of the edge of the stationary blade a substantial distance over the rotor. The lower input edges are generally arcuately disposed with respect to the path of the cutting edges of the rotor, but need not lie exactly concentrically with the axis of the rotor. For example, the lower input edges may con-

verge towards the rotor up to the cutting edge of the stationary blade, or may initially diverge away from the rotor and then converge towards the rotor up to the stationary blade. These plates provide by means of their arrangement for an even effective drawing-in of the runners and injection moulding parts in the region of the stationary blade. The lamellas are preferably mutually equidistant and provided in a number which corresponds approximately to the number of adjacent cutting blade arrangements lying on the cylindrical rotor. The number of lamellas of the drawing-in arrangement can, however, also be somewhat less. The angular position of the lamellas, which for example lie orthogonal to the axis of the rotor, can also be arranged obliquely thereto in order better to prevent the comminuted parts from being fed backwards.

For the comminution of injection moulding parts which are particularly difficult to grasp, such as substandard blown moulding parts and the like, the input device can be provided with particular holding plates, for example having the form of a serration on the lower input edge of the plates. Such a serration can be replaced or supplemented by ribs, which are formed on a cylindrical rotor with the cutting blades themselves, in that for example the outer surface on the rotor is removed and replaced by ribs parallel to the axis. These ribs can of themselves or together with the serration on the leading edges of the lamellas work together with the input device and so ensure a particularly efficient comminution and/or conveyance of the hollow bodies into the region of the stationary blade of the cutting mill.

In dependence upon the material which is preferably to be comminuted, the curved shape of the lamellas of the input device can be differently shaped: in general one tries to provide a tapering gap against rotor up to the stationary blade, so that the guide-in lamellas from beginning of the input region gently spring back and move back against the housing. One can, however, so arrange these input elements that in the region of the first interaction between the material to be comminuted and the tool a more or less sharp-edged configuration of the lamellas is provided, through which is produced already here a preliminary comminution. In this way, by means of the sharp-edges, the gap in front of the stationary blade can converge. It can, however, also, to begin with, widen a little in order then to converge first in the region of the stationary blade.

Because of the relatively low rate of rotation of the driven rotor, it is possible from the rotor itself to take off the drive for a conveyor belt by means of which the injection moulding parts to be comminuted are transported from the place of their production to the housing inlet of the cutting mill. For this purpose, the axle of the rotor can have one of its ends extended along the rotor axis via the front side of the housing which is not shown at the front in FIG. 1, and can there carry a V-belt wheel for the direct drive of the said conveyor belt.

One obtains particularly dust free material to be milled with a cutting mill in which the sieve for separation of the material to be ground is provided with openings which open both towards the inner region, i.e. towards the cutting rotor, and to the outer region, i.e. towards the scrap holder in the housing.

Further details of the invention appear from the following description of the drawing. In the drawing, four exemplary embodiments of the invention are schematically illustrated.

In the drawings:

FIG. 1 shows a perspective representation of the new cutting mill, wherein for better understanding of the construction the front cover of the housing is cut away;

FIG. 2 shows a side view of the cutting mill according to FIG. 1 at the cut-away housing cover;

FIG. 3 shows the same representation as FIG. 2, however, with an intake plate modified from that shown in FIGS. 1 and 2;

FIG. 4 shows the same view as FIGS. 2 and 3 of an exemplary embodiment of the cutting mill with toothed intake plates;

FIG. 5 shows the same view as FIGS. 2, 3 and 4, wherein the cutting rotor is provided with additional ribs and the intake plates have the same configuration as shown in the embodiment of FIGS. 1 and 2; and

FIG. 6 shows a section through the sieve of the cutting mill according to the invention.

As one can recognize from the prespective view of the cutting mill shown in FIG. 1, the same consists of a cylindrical, driven rotor 1 which is mounted in the housing 2 in known manner. The housing, rectangular in cross section, consists of a front wall 3, a rearwall 4, a rear left side 5, a corresponding further front side, which for improved clarity is cut away, a flat sloping floor 6 with sloping side walls 7 and 8 as well as a cover which is in the form of a hopper or the like for guiding-in of the material to be comminuted, and which is not illustrated in the drawing. The cylindrical rotor is driven by a drive motor, also not illustrated in the drawing, for example beneath the gear change of a corresponding transmission, in order to achieve the desired low rate of rotation of about 100 Rpm. Also the mounting of the rotor is not shown. The rotor rotates about the axis 9 and is mounted in a corresponding mounting by the axle stubs shown in the drawing.

The rotor represented in FIG. 1 provides four cutting element groups 10, 11, 12 and 13. Each group consists of three cutting blades 10a, 10b, 10c, 11a, 11b, 11c, 12a, 12b, 12c and/or 13a, 13b, 13c which are equally distributed around the periphery of the rotor. As a result of the equidistant arrangement of cutting blades of a cutting element group and of the even angular spacing between neighboring groups there is produced, with the exemplary embodiment shown in FIGS. 1 and 2 of the cutting mill according to the invention, an angle displacement of 30° between the successive knife blades at their engagement with the stationary blade, as can be seen from FIG. 2. This angular displacement follows from the number of blades in a cutting element group multiplied by the number of element groups ($3 \times 4 = 12$, $360^\circ : 12 = 30^\circ$). Should one increase the number of blades of the several cutting element groups to four and the cutting element groups from four to five, the angular distance between successive blades arriving at the stationary blade 14 in the cutting sequence, would be reduced from 30° to 18°.

The housing 2 is divided into two housing parts by means of the stationary blade 14 and the oppositely lying sieve carrying bar 16; a lower collection space 37, which is located beneath the sieve 15, is bounded by parts of the side walls 3, 4, 5, by the sloping floor 6, and by the also sloping side walls of the floor 7 and 8. In this collection space 37 is collected the material which has been comminuted and filtered through the openings 32 of the sieve 15 and which is carried out through an outlet which is not shown in the drawing. This outlet can be linked up with a mechanical, pneumatic or other suitable conveying device which carries the commi-

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
CERTIFICATE OF CORRECTION

PATENT NO. : 4,545,539

DATED : October 8, 1985

INVENTOR(S) : Bjarne T. Steffensen

It is certified that error appears in the above-identified patent and that said Letters Patent is hereby corrected as shown below:

In the title page of the patent, in the first column, after section [76], please insert the following:

--Assignee: Colortronic Reinhard & Co. KG, Friedrichsdorf,
West Germany--

Signed and Sealed this

Eleventh Day of March 1986

[SEAL]

Attest:

DONALD J. QUIGG

Attesting Officer

Commissioner of Patents and Trademarks

1.3 Роторний гранулятор з ріжучими ножами

<https://patents.justia.com/patent/4706899>

United States Patent [19]

Parker et al.

[11] Patent Number: **4,706,899**

[45] Date of Patent: **Nov. 17, 1987**

[54] GRANULATOR WITH CUTTING TONGUE
ROTOR KNIFE

[76] Inventors: Frank Parker; Leslie M. Parker, both
of Old Brandon Rd., Hillsboro, Tex.
76645

[21] Appl. No.: 201,041

[22] Filed: Oct. 27, 1980

[51] Int. Cl.⁴ B02C 18/06

[52] U.S. Cl. 241/73; 241/242;
241/300

[58] Field of Search 241/73, 222, 224, 242,
241/294, 300, 295, 241

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

926,305	6/1909	Utz	.....	241/241
2,431,294	11/1947	Dulmage	.....	241/295
3,126,931	3/1964	Blanshine et al.	.....	241/222 X
3,321,145	5/1967	Gorman	.....	241/300 X

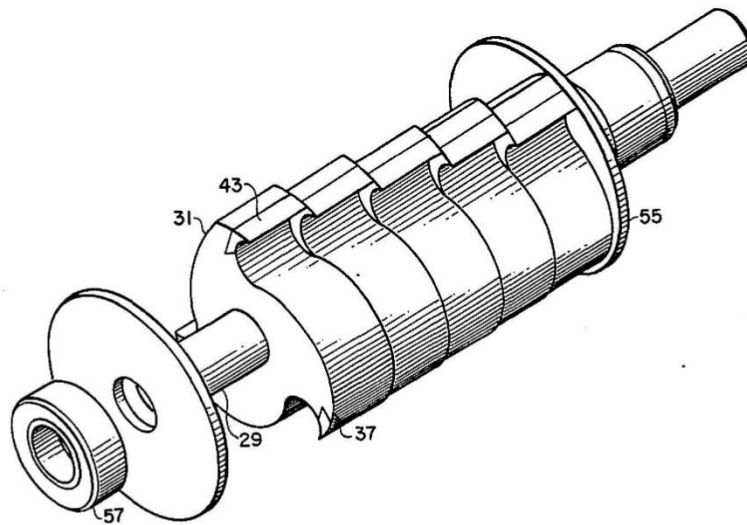
3,957,211 5/1976 Nakamura et al. 241/73

Primary Examiner—Timothy V. Eley
Attorney, Agent, or Firm—James E. Bradley

(57) АНОТАЦІЯ

Гранулятор для подрібнення брухту має вдосконалений вузол лопатей ротора. Гранулятор в типі з парою рознесених паралельних ножів встановлюється стаціонарно в гранулятор. Дугоподібний перфорований екран монтується під ножами лійка для проходження подрібненого матеріалу через отвори векран. Вісь ротора встановлена між і паралельно з лійкою ножів. Встановлено принаймні одне лезо вісь для обертання з віссю. Лезо має а периферичний контур з безліччю віддалених вирізів висунуті назовні язички. Ріжучі язички визначає круговий шлях, близько розташований до ножів лійка і екран для різання брухту.

2 заяви, 3 малюнки



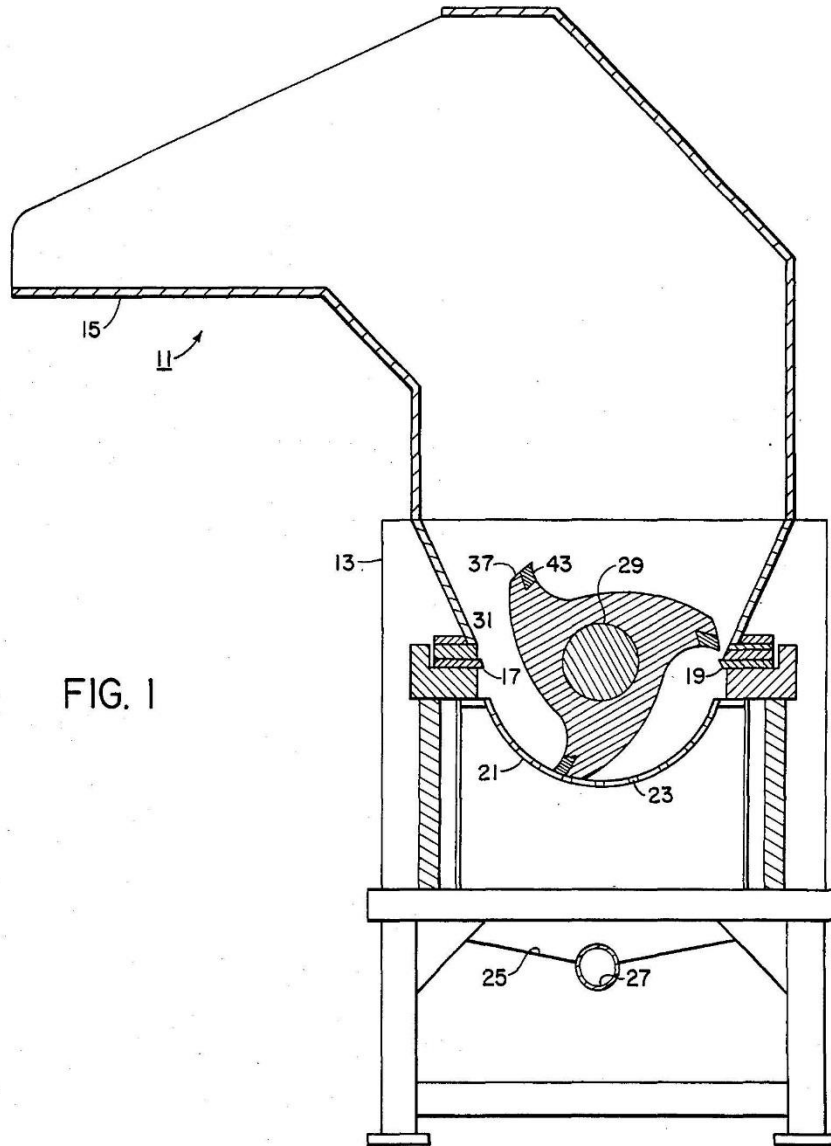


FIG. 1

FIG. 2

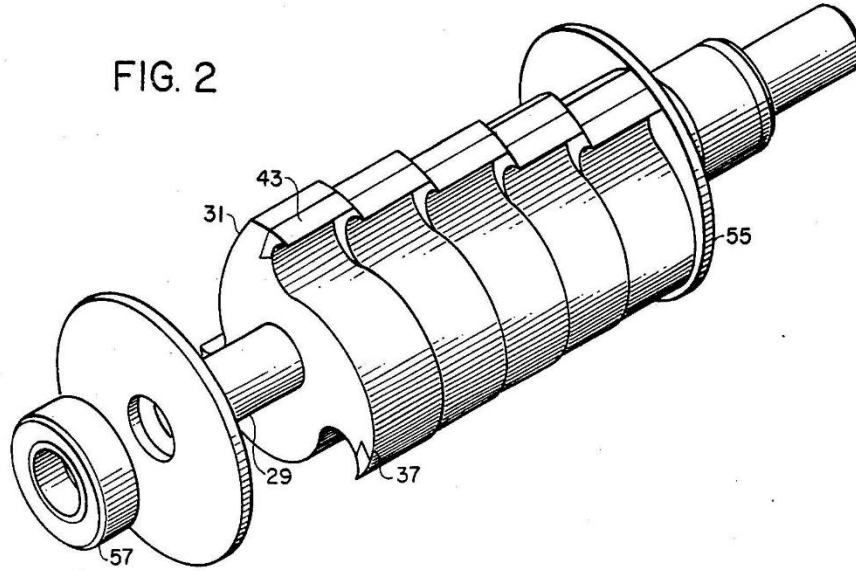
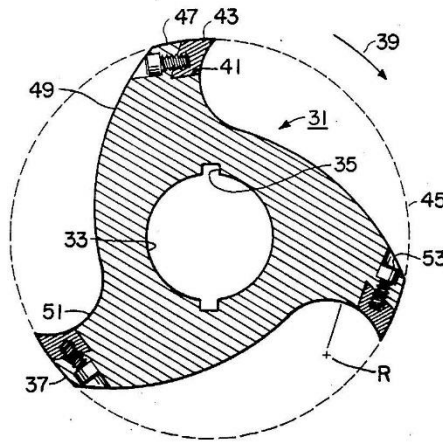


FIG. 3



GRANULATOR WITH CUTTING TONGUE ROTOR KNIFE

BACKGROUND OF THE INVENTION

This invention relates in general to devices for comminuting scrap material, and in particular to the rotor knives for such a device.

In U.S. Pat. No. 4,161,296 a granulator for comminuting scrap materials is shown. The scrap material is cut into particles by a set of rotor knives that rotate past stationary bed knives. The rotor knives are parallel flat blades secured together in a cylindrical array. A perforated screen below the rotor knives allows the scrap material to pass through for collection after it has been cut to a desired size.

One difficulty with this type of granulator is that the granulator requires a large electric motor to rotate the rotor knives. To conserve energy, it would be desirable to reduce the power requirement. Another problem occurs when the blades are resharpened. As the forward edge is ground back, the space between the rotor blades and bed knives, and the rotor blades and perforated screen increase. This reduces the efficiency of the device.

In U.S. Pat. No. 3,845,907, a device for comminuting trash is shown. This device differs from granulators in that it uses two rotating axles spaced apart from each other. Disk-shaped blades, mounted to each axle, intermesh with each other to shred the trash. Two types of disks are shown in FIG. 7 and 9. In the type shown in FIG. 9, three cutting tongues are spaced at the periphery of the disks for shredding the trash. The device of U.S. Pat. No. 3,845,907 does not have provisions for passing particles through apertures in a perforated screen to assure a minimum size for collection and further use. Also, the device of this patent does not have stationary bed knives.

SUMMARY OF THE INVENTION

This invention utilizes a perforated screen, a single axle rotor knife assembly, and a pair of bed knives for granulating plastic scrap. Instead of using a plurality of rotor knives mounted in a cylindrical array, a rotor knife is used that has a plurality of cutting tongues. The cutting tongues extend from the periphery of the blade and are rotated in close proximity to the stationary knives and the perforated screen for cutting the plastic scrap.

In the preferred embodiment, the rotor knife comprises a plurality of disk-shaped blades mounted to the rotor shaft. Each blade has a plurality of cutting tongues on its periphery. The blades are mounted so that no more than one cutting tongue passes a bed knife at the same time. Each cutting tongue in the preferred embodiment has an insert of hard metal. For drawing the scrap material into the cutting chamber, the periphery of each blade has a partially cylindrical region beginning at the forward end of the tip portion, a curved region immediately following the cylindrical region that is a continuous, smooth, inward spiral curvature, and a step region that curves smoothly outward in a continuous curve to the top of the tip portion. The hard metal insert is resharpened on its forward face so that clearances are unaffected.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a simplified vertical cross-sectional view of a granulator constructed in accordance with this invention.

FIG. 2 is a perspective, partially exploded view of the rotor cutting blades of the granulator of FIG. 1.

FIG. 3 is a vertical cross-sectional view of one of the cutting blades of the granulator of FIG. 1.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Referring to FIG. 1, granulator 11 includes a housing 13 with a chute 15 located at the top. At the bottom of chute 15, a pair of stationary bed knives 17 and 19 are mounted stationarily to the housing 13. Bed knives 17 and 19 are conventional bed knives as used with conventional granulators, each comprising an elongated flat blade, sharpened on its inner end. A semicylindrical perforated screen 21 is mounted below the bed knives 17 and 19. Screen 21 has a plurality of apertures 23 for allowing the passage of scrap particles. A collection chamber 25 is located near the bottom of housing 13. Collection chamber 25 may have a conduit 27 that leads to a vacuum source for drawing the collected particles from the collection chamber. A rotor knife axle 29 is mounted parallel with and between bed knives 17 and 19. A plurality of blades 31 are mounted to axle 29 for rotation therewith.

Referring to FIG. 3 each blade 31 has a central aperture 33 that fits closely over axle 29. Either key slots 35 in aperture 33 will mate with a key (not shown) located on axle 29 to assure that the blade 31 rotates with the axle 29. Each blade 31 has a peripheral contour that includes a plurality of cutting tongues 37, of which there are three in the preferred embodiment. The cutting tongues are equally spaced 120 degrees apart and are identical with each other. On the forward side of each cutting tongue 37, considering the direction of rotation as indicated by arrow 39, a shoulder or recess 41 is provided. Recess 41 extends in a radial direction about one-half the radial length of each cutting tongue 37. Recess 41 extends rearwardly about one-half the circumferential length of each cutting tongue 37. A hard metal tip 43 is inserted into each recess 41. The body of the blade 31 is of mild steel, while the tip 43 is of a much harder tool steel.

When blade 31 is rotated, the tops of tips 43 define a common circular path 45. Cutting tongue 37 has a portion of a cylindrical region 47 located immediately rearward of recess 41, considering the direction of rotation. Cylindrical region 47 is a curved portion with a circumferential length about one-half the total circumferential length of the cutting tongue 37, including tip 43. The cylindrical region 47 is formed at the same radius as the radius of path 45.

The rearward side of cutting tongue 37 comprises a curved region 49 immediately following cylindrical region 47. Curved region 49 is a continuous, smooth, inward spiral curvature. Curved region 49 extends radially inward to about one-half the radial length of the cutting tongue 37. The innermost radius of curved region 49 is located at the termination of the curved region and defines the minimum radius of the entire peripheral contour of blade 31. A step region 51 that defines the forward side of cutting tongue 37 immediately follows the curved region 49. Step region 51 curves smoothly outward in a continuous curve from the

curved region 49 and includes the forward face of cutting tip 41, which curves at the same rate of curvature. Tip 41 is removably held in place by a screw 53 inserted through a hole formed in the curved region 49.

The radius R of the step region 51 is located between the innermost portion of curved region 49 and path 45. The sharp forward edge of tip 41 protrudes into the direction of rotation and lies in a straight line that is parallel with the axis of axle 29. Also, any straight line passed along the entire peripheral contour of blade 31 will be parallel with the axis of axle 29. The circumferential length of the curved region 49 is considerably greater than the circumferential length of the cutting tongue 37. In the preferred embodiment the rear edge of cylindrical region 47 lags the forward edge of tip 43 by about 18 degrees. The rear and innermost point of the curved region 49 lags the forward edge of tip 43 by about 110 degrees.

In the preferred embodiment, as shown in FIG. 2, each blade 31 is disk shaped. The axial thickness of each blade 31 is less than the radius of each blade. This results in about five different blades 31 being mounted on axle 29. The slots 35 in each blade 31 are preferably formed so that each blade 31 will be staggered. When staggered, no two tips 43 will pass a bed knife 17 or 19 at the same time. In the preferred embodiment, each blade, from right to left, as shown in FIG. 2, follows the preceding blade by a few rotational degrees. Blades 31 are placed in contact with each other, with circular disks 55 being located on the outer sides of the blades 31, when assembled. Disks 55 are slightly larger in diameter than circular path 45. Bearings 57 support the assembly during rotation.

In operation, scrap material will be placed into chute 15. The scrap falls into the cutting area, where the cutting tongues 37 will grab the material and force it down between bed knives 17 and 19. When rotated, the path 45 defined by the cutting tongues 37 will place the tips 43 only a few thousandths of an inch from the bed knives 17 and 19 and the perforated screen 21. This assures good shearing action. Once the scrap material has been cut into particles smaller than the diameter of the apertures 23, they will fall through apertures 23 into the collection chamber 25 to be drawn outward through conduit 27. When the cutting tips 43 become dull, it is not necessary to remove the blades 31 for resharpening. A small hand drill can be held to the forward face of each cutting tip 43, sharpening the tip on its forward side. The tip should not be sharpened on its upper cylindrical side, since the clearances between the bed knives 17 and 19, and the cutting tongue cylindrical regions 47 should remain the same. During resharpening, a grinding wheel of radius less than the radius R may be used to avoid removing metal from step region 51. While cutting, the disks 55 prevent scrap from falling and wedging between the sides of the blades 31 and the granulator housing 13.

The invention has significant advantages. The peripheral contour and staggering of the blades provide more efficient cutting action, requiring less power. Since the forward face of each cutting tip can be resharpened, the clearances between the blades, the bed knives, and the perforated screen remain very close, allowing good shearing action. The cutting tips can be removed without removing the blades, for replacement with new tips.

While the invention has been shown in only one of its forms, it should be apparent that it is not so limited, but is susceptible to various changes and modifications without departing from the spirit of the invention.

We claim:

1. An improved granulator for comminuting scrap material, comprising in combination:

at least one bed knife mounted stationarily in the granulator;

a rotatably driven rotor axle mounted parallel with the bed knife;

a plurality of disk-shaped blades mounted in side-by-side contact with each other on the axle for rotation therewith, each blade having a peripheral contour with a plurality of spaced-apart cutting tongues extending therefrom;

each of the cutting tongues being of metal and having a tip portion in the forward portion of the tongue; and

an arcuate perforated screen mounted below the blades for the passage of comminuted material; the cutting tongues, when the axle is rotated, defining a circular path closely spaced from the bed knife and screen;

the blades being staggered so that not all of the tip portions pass the bed knife at the same time;

each blade having a peripheral contour comprising: a partially cylindrical region on the top of each cutting tongue that includes the tip portion and proceeds opposite the direction of rotation a selected circumferential distance, the cylindrical region having a radius equal to the radius of the circular path;

a curved region on the rear side of each cutting tongue immediately following the cylindrical region and comprising a continuous, smooth, inward, spiral curvature to a point of minimum radial thickness; and

a step region beginning at the point of minimum radial thickness and curving smoothly outward in a continuous curve to the top of tip portion, defining the forward side of each cutting tongue.

2. An improved granulator for comminuting scrap material, comprising in combination:

at least one bed knife mounted stationarily in the granulator;

a rotatably driven rotor axle mounted parallel with the bed knife;

a plurality of disk-shaped blades mounted in side-by-side contact with each other on the axle for rotation therewith;

each blade having a plurality of space-apart cutting tongues extending therefrom; each cutting tongue being of metal and having a tip portion in the forward portion of the tongue, each tip portion having an arcuate forward face terminating in a cutting edge;

each tongue having a curved region on the outer edge of each tongue that includes the tip portion and proceeds opposite the direction of rotation, the curved region having a radius equal to the radius of the circular path;

the blades being staggered so that not all of the cutting edges pass the bed knife at the same time; and an arcuate perforated screen mounted below the blades for the passage of comminuted material.

* * * * *

2. Задачі досліджень

У фармацевтичній сфері рослинна сировина, така як трави, кора, плоди і коріння, використовується для виготовлення екстрактів, настоянок, ефірних олій і сиропів. Для однорідного виділення цільового компонента сировину подрібнюють на однаково розмірні частинки.

Найбільш поширеним методом подрібнення трави, листя і гілок є метод різання. Часто різальне обладнання характеризується високою енергоспоживаністю та високим зносом матеріалів і не завжди забезпечує необхідну якість різання.

Актуальність теми

Виробництво лікарських засобів що річно зростає. Існуюче обладнання не забезпечує швидкого виробництва, високої продуктивності та якості різання. Частим випадком є намотуванням сировини на ніж тим самим зменшення його швидкості, продуктивності і виводить обладнання з робочого стану. Тому для запобігання цьому на виробництві приділяють велику увагу при виборі швидкості та завантаженню, і постійно контролюють подачу продукту для того, щоб обладнання подрібнило ту сировину яка вже знаходиться в бункері, а це зменшує продуктивність.

У науковій та довідковій літературі відсутні дані щодо вибору параметрів процесу різання рослинної сировини. В наступний час, завдання нарізання продукту вирішується шляхом емпіричного підбору умов та режимів різання. Це пояснюється складністю урахування факторів, які впливають на процес, а також недостатністю даних про значення структурно-механічних характеристик.

До того ж, не існує досконалих, простих у застосуванні методів, за допомогою яких можна дослідити процес різання і математично описати його закономірності, або встановити раціональні параметри проведення процесу.

Перспективним є використання математичного моделювання процесу різання, яке допомагає досліджувати його з метою удосконалення, значно зменшуючи при цьому витрати на проведення фізичних експериментів. Отже, для удосконалення процесу різання необхідно провести його поглиблене, всебічне дослідження. Це підтверджує актуальність вибраної теми.

Мета і завдання досліджень

На основі проведеного літературного огляду було визначено мету і завдання досліджень. Мета досліджень полягає в удосконаленні процесу різання стебел і листя рослинної сировини, з урахуванням його структурно-механічних властивостей, з метою зменшення витрат енергії на різання і покращення якості процесу.

У відповідності з поставленою метою були визначені такі завдання:

1. Розробити методику досліджень, що включає удосконалення конструкцій експериментальних установок та розробку відповідних методів для проведення досліджень.
2. Вибрати математичну модель руху леза в шарі продукту при різанні, за допомогою якої можна визначити залежність зусилля різання від швидкості леза для рослинної сировини.
3. Провести експериментальні дослідження та визначити залежність зусилля та якості різання від швидкості.
4. Надати рекомендації щодо вибору режимних параметрів різання рослинної сировини.

Об'єкт і предмет досліджень

Об'єкт досліджень - процес різання рослинної сировини, а саме м'яти.

Предмет досліджень - м'ята, а саме листя і стебла, рух ножа(леза) в продукті при різанні, структурно-механічні властивості сировини, напруження тертя в зоні контакту продукту і ножа(леза), зусилля та питома робота різання, якість поверхні зрізу, обладнання для подрібнення.

3. Методика досліджень

Дослідження виконані за допомогою методів математичного і фізичного моделювання. Математична модель ґрунтується на диференційному рівнянні руху леза в шарі продукту. Структурно-механічні властивості продукту, зусилля тертя при переміщенні продукту вздовж бічних поверхонь леза, а також режимні параметри процесу різання визначені за допомогою створених або удосконалених експериментальних установок і відповідних методик.

3.1 Опис експериментальної установки

Для дослідження процесу різання створено експериментальну установку - маятник, на кінці коромисла якого закріплено лезо, яке розрізає продукт при русі маятника. Установка зручна тим, що в широких межах можна змінювати швидкість різання. Для цього змінюється кут, з якого відпускається коромисло, або змінюється момент інерції шляхом приєднання додаткових мас і зміни їх положення на коромислі. Схема установки показана на рис.3.1

Коромисло 1 кріпиться до стіни за допомогою рухомого вузла 7. Для зміни моменту інерції коромисла по ньому переміщується і фіксується в потрібному положенні вантаж 2. На кінці коромисла в тримачі 3 знаходиться лезо 4.

Дослідний зразок 12 продукту фіксується на столі 9 прижимними пластинами 11. Для встановлення потрібної глибини різання стіл 9 переміщується в вертикальному напрямку за допомогою гвинтового пристрою 10.

Вказівна стрілка 6 може здійснювати рух тільки в одному напрямку. Коромисло відводиться на потрібний кут і відпускається, при цьому лезом розрізається продукт. Після розрізання продукту коромисло маятника піднімається разом з вказівною стрілкою на певний кут, і в даному положенні остання зафіксується, вказуючи на шкалі 5 кут підйому коромисла. Ціна поділки на шкалі – 0.5 градуса. Швидкості леза при різанні регулюються двома способами:

1. Зміною моменту інерції коромисла. В даному випадку змінюється положення вантажу 2.
2. Зміною кута, з якого запусчено коромисло.

Під час проведення досліджень процесу різання ми використовуємо ніж, лезо якого має гладку різальну кромку і заточене з обох сторін. Лезо встановлено паралельно до коромисла маятника і врізається в продукт під кутом $\varphi = 0^\circ$. Відповідно до класифікації різновидів руху леза в продукті [30], різання відбувається нормальним (рубаючим) способом, коли лезо розрізає матеріал у напрямку, що перпендикулярний до своєї різальної кромки.

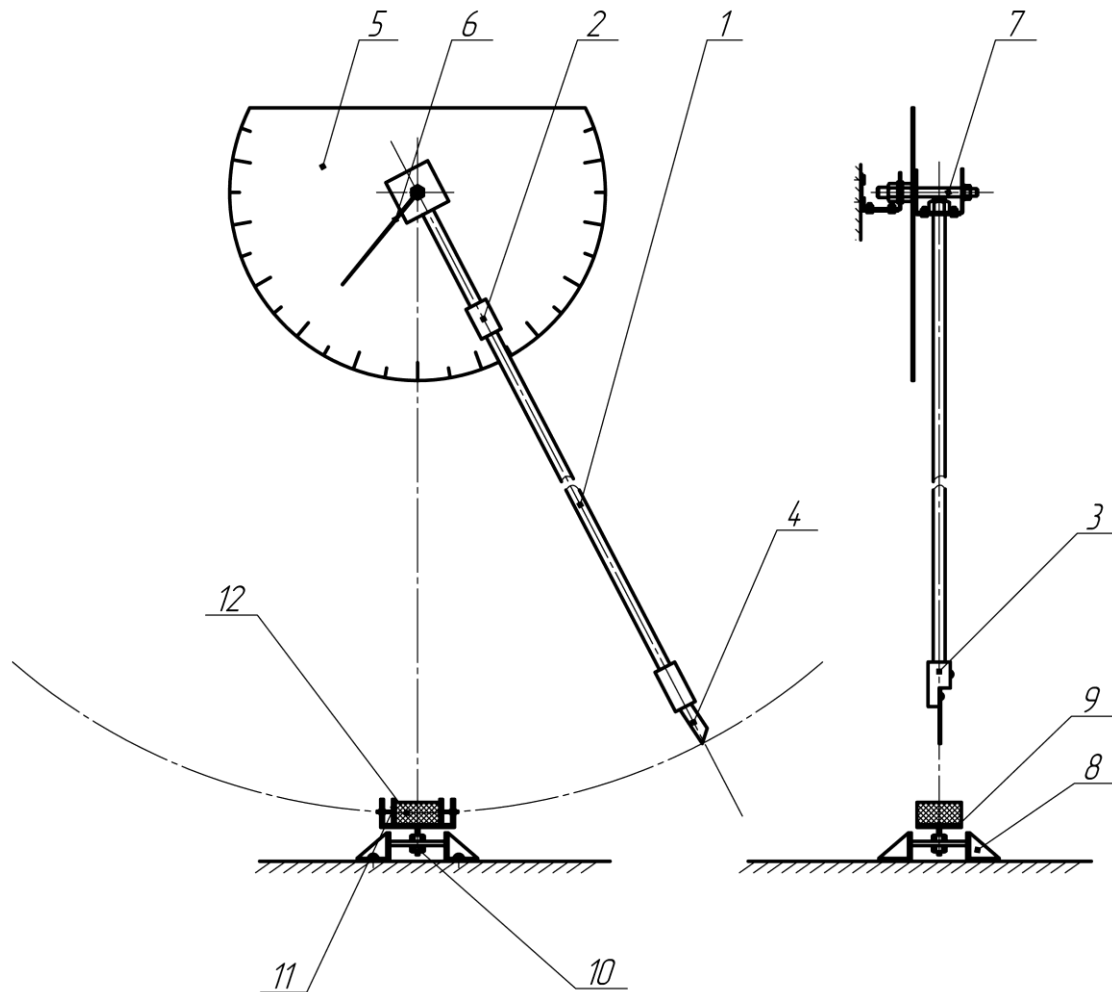


Рис. 3.1 Схема установки для дослідження процесу різання: 1 - коромисло маятника; 2 - змінний вантаж; 3 - тримач леза; 4 - лезо; 5 - шкала; 6 - вказівна стрілка; 7 – рухомий вузол; 8 - станина; 9 - робочий столик; 10 - гвинтовий пристрій; 11 - пластини для фіксації продукту; 12 - дослідний зразок.

При нормальному (рубаючому) різанні не трансформуються кут заточки і кромка леза [30], на відміну від різання під кутом.

Під час аналізу наукових праць з даної теорії було встановлено, що при відомих значеннях зусиль різання при нормальному (рубуючому) врізанні леза в продукт [10, 30], можна визначити зусилля різання під деяким кутом або ковзаючого за умови залишення параметрів різальної кромки леза незмінними. Тому результати експериментальних зусиль різання, отриманих при нормальному (рубуючому) різанні, можна застосовувати для розрахунку параметрів різання ножем, і правильність зроблених припущень перевіряється експериментально. Виведення необхідних залежностей подано в наступних розділах роботи.

Геометричні параметри леза, яке використано при дослідженнях:

різальна кромка гладка із двосторонньою заточкою;

кут заточки – 30 град; гострота леза – 0.03 мм.

Гострота леза визначена оптичним методом [30].

3.2 Визначення режимних параметрів роботи установки

Схема для визначення параметрів роботи маятника представлена на рис. 3.2. Для визначення швидкості леза необхідно мати інформацію про момент інерції коромисла маятника і координати його центру маси.

Момент інерції коромисла маятника визначається як сума моментів інерції всіх його складових частин.

1. Коромисло. Виготовлене з труби діаметром $D=15$ мм, довжиною $l = 2$ м і масою $m = 0.3468$ кг. Тоді її момент інерції відносно осі обертання:

$$I_{z1} = \frac{ml^2}{3} = \frac{0.3468 \cdot 2^2}{3} = 0.4624 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

2. Кріплення для ножа(леза). Маса деталі 0.21 кг. Має складний профіль (рис. 3.2).

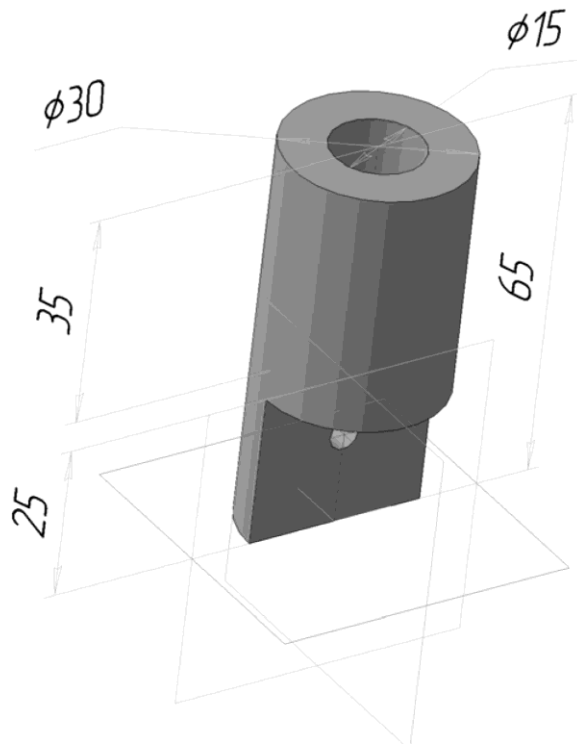


Рис. 3.2 Кріплення для ножа(леза);

Після побудови тривимірної моделі (рис. 3.2) отримано результати: відстань до центру мас $l_c=0.043$ м, момент інерції деталі відносно центру мас $I_{c2}=0.0001$ кг·м².

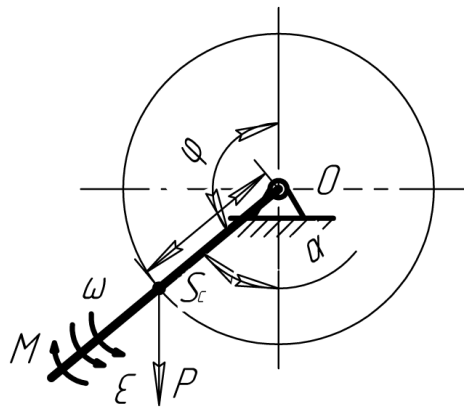


Рис. 3.3 Розрахункова схема маятника;

Момент інерції відносно осі обертання:

$$I_{z2} = I_c + ml^2 = 0.0001 + 0.21 \cdot 2^2 = 0.8401 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

де m - маса деталі, l - відстань від її центру мас до осі обертання коромисла.

Сумарний момент інерції коромисла:

$$I_z = I_{z_1} + I_{z_2} = 0.4624 + 0.8401 = 1.3025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Відстань від осі обертання коромисла до його центру мас:

$$r_{цм} = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m} = \frac{0.3468 \cdot 0.6 + 0.21 \cdot 2}{0.3468 + 0.21} = 1.13 \text{ м.}$$

де m_i і r_i - відповідно маси кожної деталі та відстань від їх центрів ваги до осі обертання.

Швидкість ножа(леза) визначимо з диференціального рівняння його руху коромисла:

$$I_z \cdot \varphi'' = M = P \cdot r \cdot \sin \varphi, \text{ звідки } \varphi'' = \frac{P \cdot r \cdot \sin \varphi}{I_z},$$

де I_z - момент інерції коромисла відносно осі обертання, φ - кут повороту коромисла від верхнього положення (рис.3.3), φ'' - кутове прискорення коромисла (як друга похідна від кута повороту), P - зусилля ваги коромисла, прикладена до його центру мас, M - момент сил інерції коромисла, r – відстань від осі коромисла до його центру мас.

Для розв'язання рівняння використовуємо заміну: $\varphi' = z$, тоді:

$$z' = \varphi'' = \frac{Pr \sin \varphi}{J_z}$$

Так як $\varphi' = z$, тому $\varphi'' = \frac{dz}{d\varphi} z$; $\frac{dz}{d\varphi} z = \frac{Pr}{J_z} \sin \varphi$, $\int z dz = \int \frac{Pr}{J_z} \sin \varphi d\varphi$

$$\frac{z^2}{2} = -\frac{Pr}{J_z} \cos \varphi + C, \quad z^2 = -2\frac{Pr}{J_z} \cos \varphi + c$$

Згідно прийнятої заміни $z = \varphi'$:

$$\varphi'^2 = C - 2\frac{Pr}{J_z} \cos \varphi, \quad \varphi' = \sqrt{C - \frac{2Pr}{J_z} \cos \varphi}$$

Вільний член C визначимо із початкових умов $\varphi_0'^2 = 0$; $\varphi = \varphi_0$:

$$C = 2 \frac{\text{Pr}}{J_z} \cos \varphi_0$$

$$\varphi' = \sqrt{2 \frac{\text{Pr}}{J_z} \cos \varphi_0 - 2 \frac{\text{Pr}}{J_z} \cos \varphi} = \sqrt{2 \frac{\text{Pr}}{J_z} (\cos \varphi_0 - \cos \varphi)}$$

Швидкість вимірюємо в нижньому положенні коромисла, тому $\varphi = \pi$; $\cos \pi = -1$. Для зручності вимірювань положення коромисла використовуємо кут α (рис.3.3); $\alpha = \pi - \varphi$.

$$\varphi' = \omega = \sqrt{2 \frac{\text{Pr}}{J_z} (\cos \varphi + 1)} = \sqrt{2 \frac{\text{Pr}}{J_z} (\cos(\pi - \alpha) + 1)} = \sqrt{2 \frac{\text{Pr}}{J_z} (1 - \cos \alpha)}$$

(використано правило: $\cos(\pi - \alpha) = -\cos \alpha$).

Виразимо кутову швидкість через лінійну $\omega = V / R$, отримуємо кінцеву формулу для визначення швидкості ножа(леза) при різанні:

$$V = R \sqrt{2 \frac{\text{Pr}}{J_z} (1 - \cos \alpha)},$$

де R – плече коромисла. Коромисло складається з кількох деталей, тому:

$$V = R \sqrt{2 \frac{\sum P_i r_i}{J_z} (1 - \cos \alpha)}, \quad (1)$$

де P_i - вага окремої деталі коромисла, r_i - відстань від центру ваги цієї деталі до осі коромисла.

Результати розрахунку швидкості леза на торці коромисла по формулі 1 представлені на рис. 3.4.

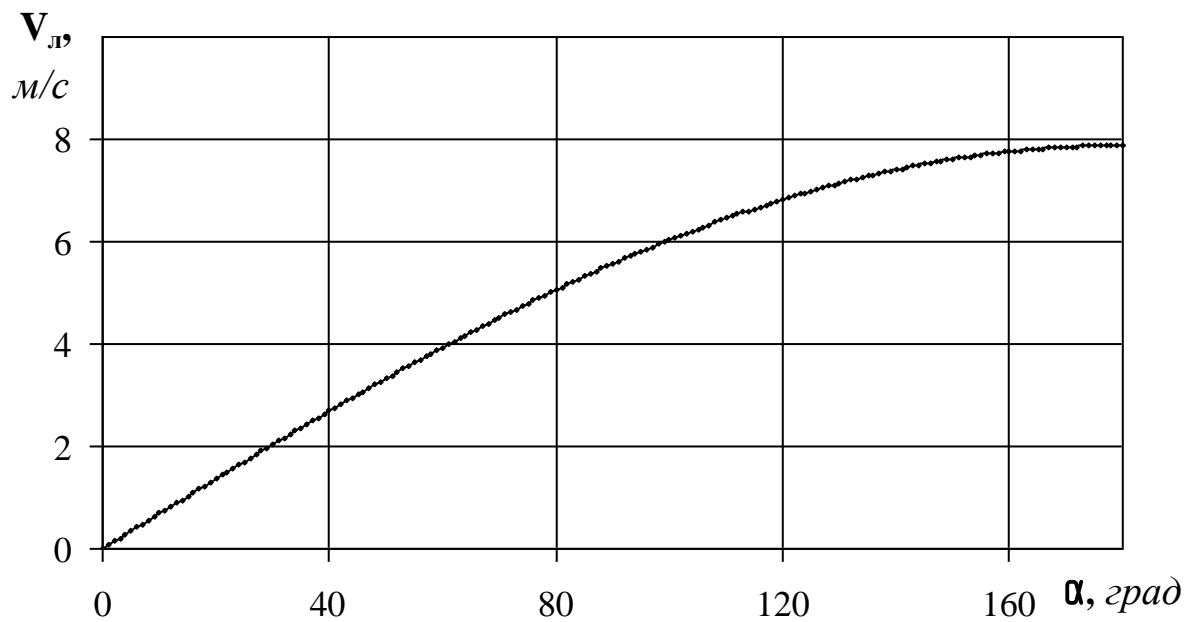


Рис. 3.4 Вплив кута підйому коромисла на швидкість леза в продукті

Робота, втрачена на різання:

$$A = \sum P \cdot (h_1 - h_2) = \sum P \cdot r (\cos \alpha - \cos \beta),$$

де $\sum P$ - вага всіх деталей коромисла, h_1 - висота підйому центра ваги коромисла в вихідному положенні, h_2 - висота підйому центра ваги коромисла після виконаної роботи, r - відстань від осі коромисла до його центру ваги, α - кут вихідного положення коромисла, β - кут підйому коромисла після виконаної роботи.

3.3 Порядок проведення досліджень.

Дослідження проводилося наступним чином: спочатку збиралися паперові трубочки (які мають властивості, подібні до стебел рослин), а також лист паперу (схожий за властивостями на листя рослин), які потім встановлювалися в тримач 9 (див. рис. 3.1). Після цього коромисло маятника з ножем (лезом) піднімалося під певними кутами α (10, 20, 30° і так далі) і відпускалося, розрізаючи лезом дослідницький зразок. Записувався кут β , на який піднімалося коромисло маятника після завершення роботи. На основі отриманих значень кутів шляхом використання формули 1 визначалася швидкість входу $V_{вх}$, м/с леза в продукт.

Також вимірювався кут підйому коромисла на холостому ходу за різних значень кута підйому для врахування втрат, пов'язаних із подоланням опору руху коромисла в підшипникових вузлах і повітря.

Тоді, згідно формули 1, швидкість леза в момент виходу з продукту:

$$V_{вих} = R \sqrt{2 \frac{\sum P_i r_i}{J} (1 - \cos(\beta + (\alpha - \beta_{emp})))}, \text{ м/с.} \quad (2)$$

Під час моделювання процесу руху леза в шарі продукту припускається, що швидкість леза при врізанні в продукт змінюється лінійно. Щоб підтвердити цю гіпотезу, ми проводимо дослідження, визначаючи зміну швидкості леза в продукті залежно від глибини його врізання в продукт. Зазвичай використовують метод відеозйомки процесу, але через велику швидкість леза в продукті цей метод не є застосовним. Запропоновано використовувати такий підхід: підготовлюється шматок продукту певної товщини. На установці для дослідження процесу різання (див. рис. 3.1) цей шматок розрізається, і фіксуються швидкості входу і виходу леза з продукту під час розрізання (використовуючи формули 1, 2). Далі береться шматок з більшою товщиною, і той же процес повторюється. Швидкість входу леза при розрізанні залишається такою ж, як і в першому випадку, а отримана швидкість виходу фіксується. Це проводиться для декількох шматків продукту різної товщини. Під час постійної

швидкості входу в продукт фіксуються швидкості виходу леза з продукту, щоб визначити, як змінюється швидкість леза на різних глибинах, що відповідають товщинам шматків продукту. Дослідження проводяться при різних початкових швидкостях леза.

Середня швидкість леза в продукті:

$$V_{cp} = \frac{V_{ex} + V_{вих}}{2}, \text{ м/с.} \quad (3)$$

Для визначення зусиль різання в залежності від швидкості леза в продукті та його структурно-механічних властивостей, ми проводимо математичне моделювання процесу руху леза в продукті. Результати цього моделювання і отриману математичну модель (формула 3) ми представляємо в окремому розділі магістерської роботи. Підставляючи отримані експериментальні дані в цю математичну модель, ми визначаємо зусилля різання для листя і стебел м'яти, враховуючи швидкість леза в продукті та його структурно-механічні властивості.

4. Дослідження процесу

4.1 Моделювання процесу руху леза в шарі продукту при різанні

Аналіз наукових досліджень процесу різання підкреслив відсутність повноцінної теорії, яка б вичерпно відображала фізичну суть процесу. Це ускладнює розробку якісних математичних моделей і подальшу оптимізацію процесу. Існуючі результати досліджень, в основному, представлені у вигляді емпіричних залежностей, що не розкривають в повному обсязі механізм процесу різання. Особливо невирішеним залишається питання переміщення леза в шарі продукту в нормальному і тангенціальному напрямках під час різання.

Необхідність таких досліджень полягає не лише в установленні оптимальних режимів різання для економії енергії, але й у отриманні високоякісних продуктів з привабливим зовнішнім виглядом. Тому були проведені теоретичні та експериментальні дослідження, що дозволили розробити математичну модель, яка адекватно описує процес переміщення леза в шарі продукту, і визначити оптимальні швидкості різання для різних умов.

Отже, для дослідження процесу різання і встановлення його параметрів необхідно розробити математичну модель, що описує залежність зусилля різання від швидкості переміщення леза в шарі продукту і властивостей продукту, зокрема, напруження тертя між продуктом і ножом по їх контактній поверхні.

Таким чином, було проведено моделювання руху леза з врахуванням всіх сил і моделювання руху леза без врахування сили тертя.

4.1.1 Моделювання руху леза з врахуванням всіх сил

Для створення потрібної математичної моделі розглядаємо рух леза в шарі продукту.

При зануренні леза в продукт на нього діють зусилля опору руху (див. рис. 4.1).

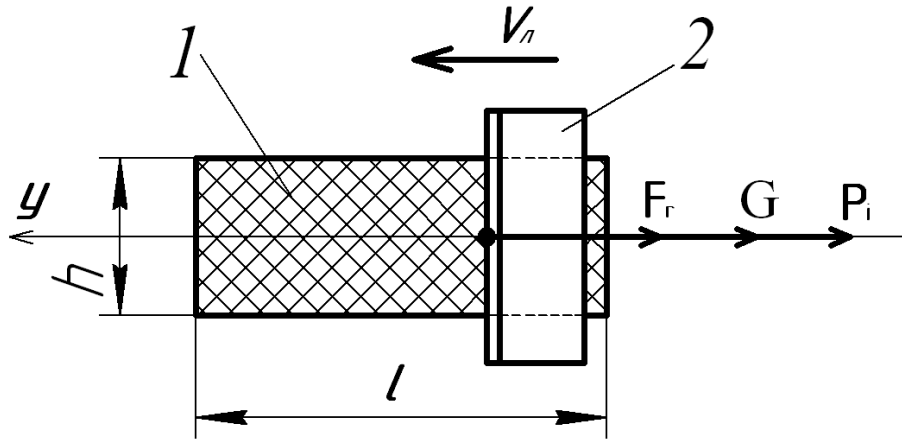


Рис. 4.1 Схема сил, які діють на лезо: 1 - продукт; 2 - лезо.

На рис. 4.1 зазначені наступні параметри:

- l - розмір продукту, м;
- h - ширина продукту і довжина лінії різання, м;
- F_r - зусилля різання, яке витрачається на розрив структурних зв'язків продукту, залежне від форми леза, кута його загострення і кута різання;
- G - зусилля адгезії (тертя) між боковою поверхнею леза і продуктом, яке перешкоджає руху леза через контакт з поверхнею продукту, залежне від швидкості переміщення леза в продукті.

При визначенні зусилля адгезії G між боковою поверхнею леза і продуктом, враховуючи малу міцність адгезії [8, 9], коефіцієнти C і k_1 знаходимо, аналізуючи тертя по поверхні леза:

$$G = C_{mp} + k_1 V = C_{mp} + k_1 \frac{dy}{dt}, \quad (1)$$

де $C_{тр}$, H - постійний коефіцієнт, який залежить від властивостей продукту та питомого навантаження між продуктом і боковою поверхнею ножа; V , м/с - швидкість ковзання між продуктом і боковою поверхнею ножа; k_1 , кг/с - коефіцієнт пропорційності, який враховує вплив швидкості ковзання на зусилля

тертя; y, m - величина переміщення леза в продукті; t, c - час переміщення леза в продукті.

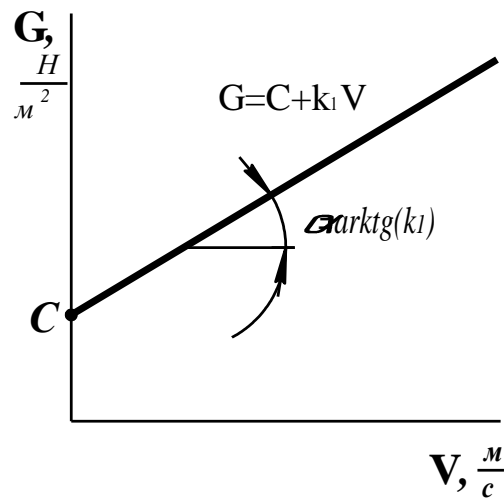


Рис. 4.2 Схема визначення коефіцієнтів $C_{тр}$ і k_1 .

При врізанні леза в продукт виникає зусилля інерції P_i , яка діє на лезо і має напрямок, протилежний напрямку прискорення леза.

$$P_i = ma = m \frac{d^2 y(t)}{dt^2}, \quad (2)$$

де m - приведена до леза маса рухомої частини установки (рис. 4.3); a - прискорення (або сповільнення) леза при переміщенні його в продукті.

На рисунку 4.3 показана схема для визначення маси коромисла, яка діє на точку S леза.

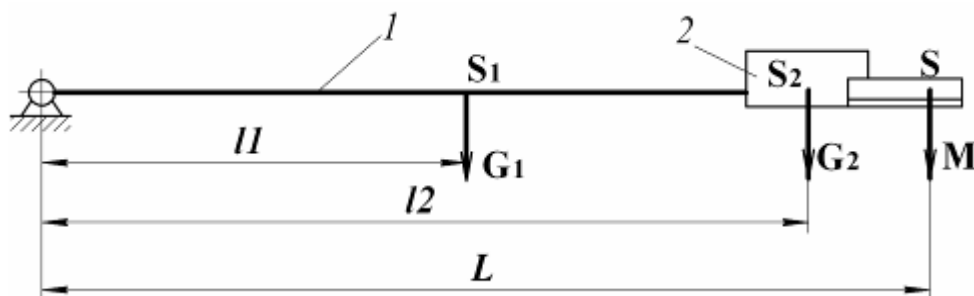


Рис. 4.3 Схема визначення маси коромисла, приведеної до леза: 1 - плече коромисла; 2 - лезо в тримачі.

Позначення на рис. 4.3: S_1, L_1 - центр мас коромисла і відстань до нього від

осі обертання; S_2, L_2 - центр мас леза з тримачем і відстань до осі обертання, S - точка приведення маси коромисла на лезі; G_1, G_2 - зусилля ваги коромисла і леза в тримачі; m - маса коромисла, приведена до точки S .

Із рівняння рівноваги:

$$m = \frac{G_1 \cdot l_1 + G_2 \cdot l_2}{g \cdot l}, \text{ кг}, \quad (3)$$

де $g=9.81 \text{ м/с}^2$.

Для відомої форми леза згідно рис. 4.1 запишемо:

$$F_p + G + P_i = 0. \quad (4)$$

Розкриваючи члени рівняння, отримуємо диференціальне рівняння його руху при зануренні в продукт:

$$F_r + (C_{mp} + k_1 \frac{dy(t)}{dt}) + m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = 0. \quad (5)$$

Використавши методи символічної математики „Maple” [8, 9, 17], отримаємо розв’язок рівняння (2) у загальному вигляді

$$y(t) = \frac{C_1 \cdot m \cdot e^{-\frac{k_1 \cdot t}{m}}}{k_1} - \frac{(F_r + C_{mp})t}{k_1} + C_2, \quad (6)$$

де C_1 і C_2 - вільні коефіцієнти [11].

Враховуючи початкові умови, коли при часі $t=0$ глибина занурення леза в продукт $y=0$, а швидкість його руху $dy/dt = V_{oy}$, маємо:

$$y(t) = \frac{(F_r + C_{mp} + V_{oy} \cdot k_1) \cdot m \cdot e^{-\frac{k_1 \cdot t}{m}}}{k_1^2} - \frac{(F_r + C_{mp}) \cdot t}{k_1} + \frac{(F_r + C_{mp} + V_{oy} k_1) \cdot m}{k_1^2} \quad (7)$$

З рівняння (4) можна отримати значення зусилля різання F_r для різних умов проведення процесу. Однак, при цьому виникають значні труднощі, пов'язані з проведенням експерименту. Ці труднощі полягають у необхідності фіксувати в часі відстань у занурення леза, тобто, знати функціональну

залежність $y=f(t)$. Існують технічні засоби, які дозволяють зробити це, але вони складні у використанні. Для цього потрібна спеціальна вимірювальна система, яка здатна фіксувати кінетику руху леза у товщі зразка. Очевидно, що це значно ускладнить конструкцію експериментальної установки.

Для спрощення методики проведення досліджень і визначення зусилля різання F_r ми можемо скористатися рівнянням (4). Проведемо диференціювання цього рівняння:

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{(F_r + C_{mp} + V_{oy} \cdot k_1) \cdot e^{-\frac{k_1 \cdot t}{m}}}{k_1^2} - \frac{F_r + C_{mp}}{k_1} \quad (8)$$

З рівняння (5) знайдемо зусилля різання:

$$F_r = \frac{k_1 \frac{dy(t)}{dt} - e^{-\frac{k_1 \cdot t}{m}} (C_{mp} + V_{oy} k_1) + C_{mp}}{e^{-\frac{k_1 \cdot t}{m}} - 1} \quad (9)$$

де dy/dt є швидкістю руху леза.

Її визначаємо на початку і в кінці різання зразка за допомогою рівнянь:

$$V_{oy} = V_{ox} = R \sqrt{2 \frac{\sum P_i r_i}{J} (1 - \cos \alpha)}, \quad (10)$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = V_{eux} = R \sqrt{2 \frac{\sum P_i r_i}{J} (1 - \cos(\beta + (\alpha - \beta_{emp})))}. \quad (11)$$

Якщо припустити, що швидкість руху леза змінюється по лінійній залежності, то для визначення швидкості руху леза в декількох проміжних точках, можна скористатися розрахунковим методом.

Знаючи кути відхилення коромисла α і β , можна розрахувати швидкість руху леза у цих проміжних точках.

Далі, знаючи швидкість леза і час його руху в продукті, можна визначити відстань, яку лезо проходить в продукті за цей час.

:

$$t = \frac{y}{\frac{dy}{dt}}, \text{ с.} \quad (12)$$

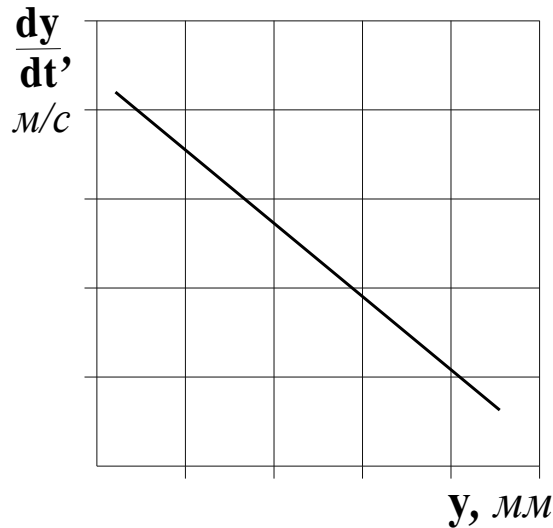


Рис. 4.4 Лінійна залежність швидкості леза від глибини врізання в продукт.

Для визначення коефіцієнтів C і k_1 у рівнянні (6) необхідно провести експериментальні дослідження з визначення напруження тертя. Результати цих досліджень дозволять отримати залежності C і k_1 від властивостей матеріалу і умов процесу різання.

Для порівняння властивостей продукту та розрахунку різального обладнання можна скористатися питомим зусиллям різання F_r^{num} , яке визначається як відношення зусилля різання до довжини лінії різання h (див. рис. 4.1). Відповідно до отриманої математичної моделі, питоме зусилля різання можна обчислити за формулою,

$$F_r^{num} = \frac{F_r}{h} = \frac{k_1 \frac{dy(t)}{dt} - e^{-\frac{k_1 \cdot t}{m}} (C_{mp} + V_{oy} k_1) + C_{mp}}{e^{-\frac{k_1 \cdot t}{m}} - 1} \cdot \frac{1}{h}, \quad (13)$$

де h - довжина лінії різання, м.

Цей підхід дозволяє вам експериментально підтвердити та перевірити теоретичну модель, яку ви розробили. Проведення експериментів з різними початковими швидкостями леза та аналіз отриманих результатів допоможе визначити оптимальні параметри процесу різання.

Аналізуючи залежності зусилля різання від початкової швидкості леза, ви зможете визначити ті швидкості, при яких зусилля різання є мінімальними. Це важлива інформація для визначення оптимальних параметрів процесу різання, які допоможуть забезпечити ефективне використання різального обладнання і отримання високоякісного результату різання.

4.1.2 Моделювання руху леза без врахування сили тертя

Початкове рівняння зміниться, тому що ми не враховуємо силу тертя:

$$F_p + P_i = 0. \quad (14)$$

При врізанні леза в продукт виникає зусилля інерції P_i , яка діє на лезо і має напрям, протилежний напрямку прискорення леза.

$$P_i = ma = m \frac{d^2 y(t)}{dt^2}, \quad (15)$$

де m - приведена до леза маса рухомої частини установки (рис. 4.3);

a - прискорення (або сповільнення) леза при переміщенні його в продукт.

Розкриваючи члени рівняння, отримуємо диференціальне рівняння його руху при зануренні в продукт:

$$m \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} y(t) \right) + F_r = 0 \quad (16)$$

Використавши методи символної математики „Maple” [8, 9, 17], отримаємо розв’язок рівняння (2) у загальному вигляді

$$y(t) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{F_r t^2}{m} + C_1 + C_2 \quad (17)$$

Враховуючи початкові умови, коли при часі $t=0$ глибина занурення леза в продукт $y=0$, а швидкість його руху $dy/dt = V_{oy}$, маємо:

$$y(t) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{F_r t^2}{m} + V_{oy} t \quad (18)$$

З рівняння (14) можна знайти зусилля різання F_r для різних умов проведення процесу. Спростимо методику проведення дослідження - визначення зусилля різання F_r . Використаємо рівняння (14). Продиференціювавши його, маємо:

$$\frac{dy(t)}{dt} = -\frac{F_r t}{m} + V_{oy} \quad (19)$$

З рівняння (15) знайдемо зусилля різання:

$$F_r = \frac{m \cdot \left(\frac{d}{dt} y(t) - V_{oy} \right)}{t} \quad (20)$$

де dy/dt є швидкістю руху леза.

Отриману модель використовуємо для визначення зусилля різання за допомогою створеної експериментальної установки (рис. 4.1).

4.1.3 Висновки що до результатів моделювання:

Отримана математична модель для визначення зусилля різання в залежності від швидкості леза та структурно-механічних властивостей продукту виявляється важливим інструментом для удосконалення процесу різання рослинної сировини. Ця модель дозволяє проводити віртуальні експерименти та встановлювати оптимальні параметри різання без необхідності витратити час і ресурси на фізичні дослідження.

Застосування моделі дозволяє ефективно досліджувати різноманітні умови різання та їх вплив на зусилля різання. Це дозволяє знайти оптимальні параметри для максимізації продуктивності та зниження витрат.

Додатково, застосування математичної моделі може виявитися корисним для прогнозування зусиль різання в різних ситуаціях, що дозволяє попередньо оцінити ефективність та безпеку процесу.

Таким чином, математична модель визначення зусилля різання відіграє ключову роль у вдосконаленні процесу різання рослинної сировини та забезпечує ефективне використання ресурсів та зниження витрат.

4.2. Експериментальні дослідження процесу різання

Результати досліджень

Отримані під час моделювання результати були використані для встановлення оптимальних режимів різання харчових продуктів. За формулою (13) було розраховано питому силу різання. Результати встановлені при швидкостях ножа 1- 10 м / с і представлено на рис. 4.5

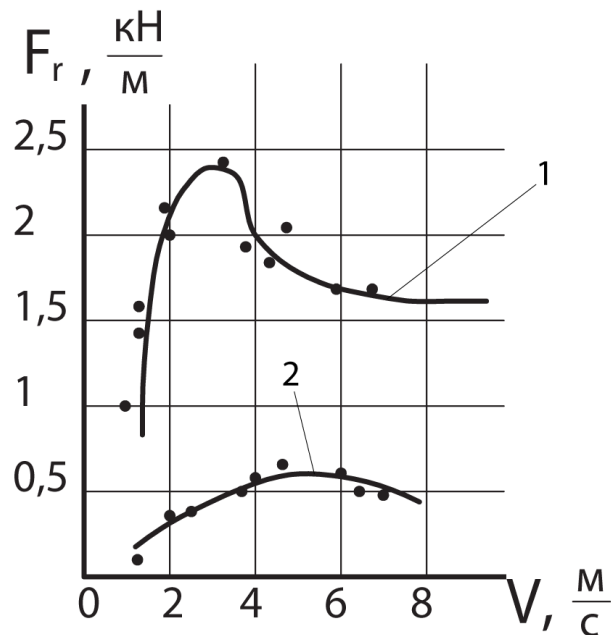


Рис. 4.5 Залежність зусилля різання листя (2) і стебел (1) м'яса від швидкості різання

При збільшенні швидкості руху ножа спостерігається зростання сили різання у більшості продуктів, проте ця сила потім знижується. Цей ефект пояснюється тим, що при високих швидкостях зменшується деформація продукту під дією ріжучого ножа. Такий підхід характерний для багатьох пружно-пластичних продуктів.

Аналогічні залежності були виявлені іншими дослідниками для різних харчових продуктів, таких як хліб, твердий сир, не заморожене м'ясо та цукровий буряк (див. рис. 4.6). Для цих продуктів зусилля різання знижується при швидкостях понад 4-6 м/с. Всі ці продукти подібні за реологічними властивостями і виявляють себе як пружно-в'язко-пластичні матеріали. Це може пояснити схожість отриманих результатів.

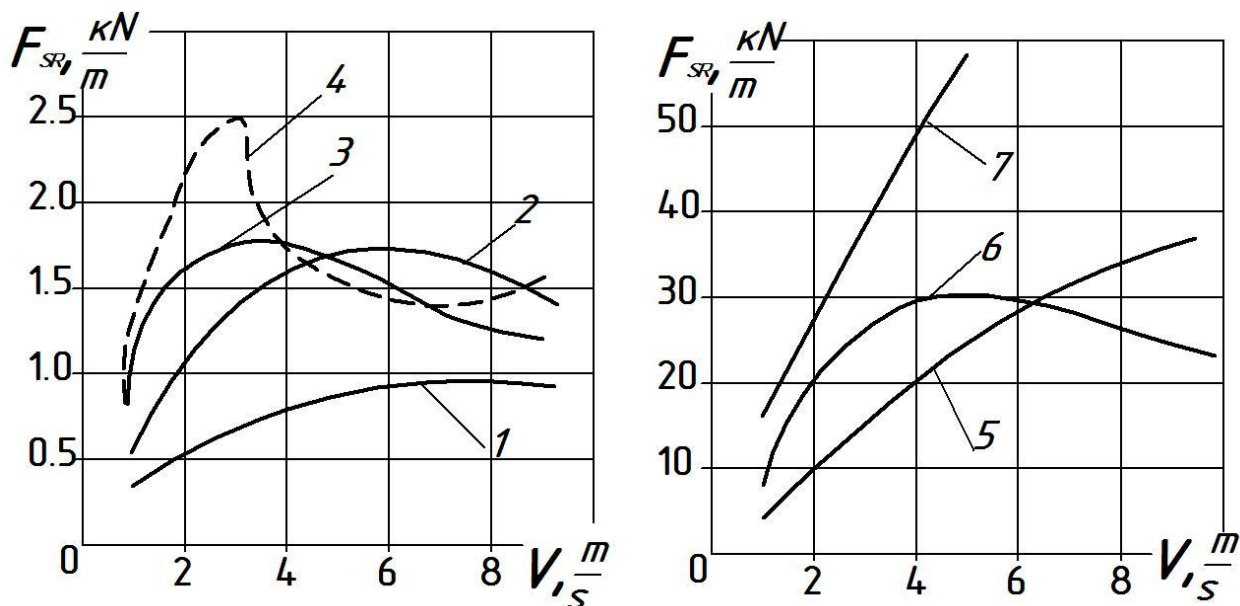


Рис. 4.6 Залежність питомої сили різання від швидкості леза в продукті:

1 - м'якуш гарячого хліба, 2 - м'якуш хліба після охолодження; 3 - сир твердий; 4 - стебла м'яти; 5 - скоринка хліба; 6, 7 - м'ясо (свинина) при температурі 5 °С і -5 °С.

Отже, на основі наших досліджень рекомендується налаштувати швидкість ножів у машині для нарізання м'яти та інших рослинних сировин на рівень понад 4 м/с. Це дозволить зменшити енерговитрати та мінімізувати деформацію продукту, знизивши при цьому його ламкість.

Розв'язок диференціального рівняння руху леза (з врахування сили тертя) за допомогою пакету програм символічної математики „Maple”

>restart;

>yr1:=massa[1]*diff(y(t),t\$2)+K[1]*(diff(y(t),t))+F[r]+C[tr]=0;

$$yr1 := massa_1 \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} y(t) \right) + K_1 \left(\frac{\partial}{\partial t} y(t) \right) + F_r + C_{tr} = 0$$

>eg1:=dsolve(yr1,y(t));

$$eg1 := y(t) = -\frac{-C1\ massa_1 e^{\left(-\frac{K_1 t}{\text{massa}_1}\right)}}{K_1} - \frac{(F_r + C_{tr}) t}{K_1} + -C2$$

>eg2:=dsolve({yr1,y(0)=0,D(y)(0)=V[oy]}},{y(t)});

eg2 := y(t) =

$$-\frac{(F_r + C_{tr} + V_{oy} K_1) \text{massa}_1 e^{\left(-\frac{K_1 t}{\text{massa}_1}\right)}}{K_1^2} - \frac{(F_r + C_{tr}) t}{K_1} + \frac{(F_r + C_{tr} + V_{oy} K_1) \text{massa}_1}{K_1^2}$$

>Diff(Y(t))=diff(eg2,t);

$$\text{Diff}(Y(t)) = \left(\frac{\partial}{\partial t} y(t) = \frac{(F_r + C_{tr} + V_{oy} K_1) e^{\left(-\frac{K_1 t}{\text{massa}_1}\right)}}{K_1} - \frac{F_r + C_{tr}}{K_1} \right)$$

>eg4:=diff(y(t),t) = ((F[r]+C[tr]+V[oy]*K[1])/K[1]*exp(-K[1]/massa[1]*t)) - (F[r]+C[tr])/K[1];

>

$$\text{eg4} := \frac{\partial}{\partial t} y(t) = \frac{(F_r + C_{tr} + V_{oy} K_1) e^{\left(-\frac{K_1 t}{\text{massa}_1}\right)}}{K_1} - \frac{F_r + C_{tr}}{K_1}$$

>F[r]:=solve(eg4,F[r]);

$$F_r := \frac{K_1 \left(\frac{\partial}{\partial t} y(t) \right) - e^{\left(-\frac{K_1 t}{\text{massa}_1}\right)} C_{tr} - e^{\left(-\frac{K_1 t}{\text{massa}_1}\right)} V_{oy} K_1 + C_{tr}}{e^{\left(-\frac{K_1 t}{\text{massa}_1}\right)} - 1}$$

Розв'язок диференціального рівняння руху леза (без врахування сили тертя) за допомогою пакету програм символічної математики „Maple”

>restart;

> yr1:=massa[1]*diff(y(t),t\$2)+F[r]=0;

$$\text{yr1} := \text{massa}_1 \left(\frac{d^2}{dt^2} y(t) \right) + F_r = 0$$

> eg1:=dsolve(yr1,y(t));

$$\text{eg1} := y(t) = -\frac{1}{2} \frac{F_r t^2}{\text{massa}_1} + _C1 t + _C2$$

> eg2:=dsolve({yr1,y(0)=0,D(y)(0)=V[oy]},{y(t)});

$$\text{eg2} := y(t) = -\frac{1}{2} \frac{F_r t^2}{\text{massa}_1} + V_{oy} t$$

```
>Diff(Y(t))=diff(eg2,t);
```

$$Diff(Y(t)) = \left(\frac{d}{dt} y(t) = -\frac{F_r t}{massa_1} + V_{oy} \right)$$

```
> eg4:=diff(y(t),t) = (F[r]/massa[1]*t)+V[oy];
```

$$eg4 := \frac{d}{dt} y(t) = \frac{F_r t}{massa_1} + V_{oy}$$

```
> F[r]:=solve(eg4,F[r]);
```

$$F_r := \frac{massa_1 \left(\frac{d}{dt} y(t) - V_{oy} \right)}{t}$$

Визначення швидкостей леза

Таблиця 4.2.1

Швидкість леза в залежності від кута підйому коромисла маятника

α , град	V , м/с	α , град	V , м/с	α , град	V , м/с	α , град	V , м/с	α , град	V , м/с
0	0.00	31	1.56	61	2.97	91	4.17	121	5.09
1	0.05	32	1.61	62	3.01	92	4.21	122	5.11
2	0.10	33	1.66	63	3.06	93	4.24	123	5.14
3	0.15	34	1.71	64	3.10	94	4.28	124	5.16
4	0.20	35	1.76	65	3.14	95	4.31	125	5.19
5	0.26	36	1.81	66	3.18	96	4.35	126	5.21
6	0.31	37	1.86	67	3.23	97	4.38	127	5.23
7	0.36	38	1.90	68	3.27	98	4.41	128	5.26
8	0.41	39	1.95	69	3.31	99	4.45	129	5.28
9	0.46	40	2.00	70	3.35	100	4.48	130	5.30
10	0.51	41	2.05	71	3.40	101	4.51	131	5.32
11	0.56	42	2.10	72	3.44	102	4.54	132	5.34
12	0.61	43	2.14	73	3.48	103	4.58	133	5.36
13	0.66	44	2.19	74	3.52	104	4.61	134	5.38
14	0.71	45	2.24	75	3.56	105	4.64	135	5.40
15	0.76	46	2.28	76	3.60	106	4.67	136	5.42
16	0.81	47	2.33	77	3.64	107	4.70	137	5.44
17	0.86	48	2.38	78	3.68	108	4.73	138	5.46
18	0.91	49	2.42	79	3.72	109	4.76	139	5.48
19	0.97	50	2.47	80	3.76	110	4.79	140	5.50
20	1.02	51	2.52	81	3.80	111	4.82	141	5.51
21	1.07	52	2.56	82	3.84	112	4.85	142	5.53
22	1.12	53	2.61	83	3.87	113	4.88	143	5.55
23	1.17	54	2.65	84	3.91	114	4.90	144	5.56
24	1.22	55	2.70	85	3.95	115	4.93	145	5.58
25	1.27	56	2.75	86	3.99	116	4.96	146	5.59
26	1.32	57	2.79	87	4.03	117	4.99	147	5.61
27	1.36	58	2.83	88	4.06	118	5.01	148	5.62
28	1.41	59	2.88	89	4.10	119	5.04	149	5.64
29	1.46	60	2.92	90	4.13	120	5.06	150	5.65
30	1.51	61	2.97	91	4.17	121	5.09	151	5.66

Визначення втрат роботи в маятнику

Таблиця 4.2.2

Втрати роботи в маятнику

α , град	V , м/с	$\beta_{\text{втр}}$, град	$A_{\text{втр}}$, Дж
10	0,51	9.5	0,00113
20	1,02	19.5	0,0034
30	1,51	25	0,0226
40	2	35	0,0299
50	2,47	46	0,252
60	2,92	52	0,065
70	3,35	64	0,046
80	3,76	74	0,057
90	4,13	82	0,073
100	4,48	95	0,048
110	4,79	103	0,065

Позначення в таблиці 4.2.2

α - кут підйому коромисла, град;

$V_{\text{вх}}$ - початкова швидкість леза, м/с;

$\beta_{\text{втр}}$ - кут підйому коромисла на холостому ході, град.

$A_{\text{втр}}$ - втрати роботи в маятнику, Дж

Результати досліджень процесу різання листя м'яти

Таблиця 4.2.3

Результати досліджень різання листя м'яти

Час год	α град	$V_{вх}$ м/с	β_1 град	β_2 град	β_3 град	$\beta_{ср.}$ град	$V_{вих}$ м/с	А, Дж	А- $A_{втр.}$ Дж	$A_{пит.}$ Дж/м ²
	10	0,51	0	0	0	0	0.03	0.048	0.0432	184.65
	20	1,02	0.5	0.5	0.5	0.5	0.07	0.190	0.1806	771.75
	30	1,51	18	18	18	18	1.30	0.268	0.2408	1029.14
	40	2	31	31	31	31	2.17	0.287	0.2521	1077.44
	50	2,47	41.0	41.5	42.0	41.5	2.88	0.335	0.2720	1162.51
	60	2,92	51.5	50.5	51	51	3.51	0.407	0.3132	1338.51
	70	3,35	61.5	61	60.5	61	4.17	0.450	0.2965	1266.93
	80	3,76	70.5	70.5	70.5	70.5	4.76	0.505	0.2896	1237.49
	90	4,13	80.0	79.5	79.0	79.5	5.27	0.574	0.3271	1397.78
	100	4,48	89.0	90.0	89.5	89.5	5.78	0.575	0.3022	1291.62
110	4,79	97	97	96	97	6.20	0.694	0.3250	1388.77	

Час год	α град	$V_{вх}$ м/с	β_1 град	β_2 град	β_3 град	$\beta_{ср.}$ град	$V_{вих}$ м/с	А, Дж	А- $A_{втр.}$ Дж	$A_{пит.}$ Дж/м ²
	10	0,51	3.5	3.5	3.5	3.5	0.27	0.042	0.0373	159.53
	20	1,02	14	14	14	14	0.99	0.096	0.0871	372.33
	30	1,51	24.5	24.5	24.5	24.5	1.74	0.138	0.1113	475.84
	40	2	35	35	35	35	2.43	0.167	0.1323	565.59
	50	2,47	45	45	45	45	3.11	0.203	0.1402	599.02
	60	2,92	54.5	54.0	55.0	54.5	3.72	0.254	0.1600	683.85
	70	3,35	64	64	64	64	4.34	0.304	0.1501	641.56
	80	3,76	72.5	73.5	73	73	4.90	0.374	0.1590	679.46
	90	4,13	82.5	82	83	82.5	5.42	0.411	0.1641	701.31
	100	4,48	92.5	91.5	92	92	5.89	0.437	0.1647	703.95
110	4,79	99.5	99.5	99.5	99.5	6.31	0.558	0.1889	807.07	

Позначення в таблиці 4.2.3:

α - кут підйому коромисла, град;

$V_{вх}$ - початкова швидкість леза, м/с;

β - кут підйому маятника після виконаної роботи, град.

$V_{вих}$ - швидкість леза на виході із продукту в залежності від часу його витримування перед нарізанням, м/с;

А - загальна робота різання, враховуючи втрати, Дж;

$A_{пит.}$ - питома робота різання, Дж/м².

Час різання дослідного зразка

№	$V_{\text{вх}}$, м/с	t ,сек
1	0,51	0.0722
2	1,02	0.0233
3	1,51	0.0140
4	2	0.0103
5	2,47	0.0082
6	2,92	0.0069
7	3,35	0.0059
8	3,76	0.0052
9	4,13	0.0047
10	4,48	0.0044
11	4,79	0.0041

Позначення в таблиці 4.2.4

t - час різання дослідного зразка, сек; $V_{\text{вх}}$ - початкова швидкість леза, м/с.

Вплив швидкості леза на питоме зусилля різання листя м'яти

№	$V_{\text{вх}}$, м/с	$F_r^{\text{ієò}}$, кН/м
1	0,51	0.27
2	1,02	0.65
3	1,51	0.78
4	2	0.92
5	2,47	1.05
6	2,92	1.17
7	3,35	1.10
8	3,76	1.18
9	4,13	1.12
10	4,48	1.08
11	4,79	1.16

Позначення в таблиці 4.2.5

$F_r^{\text{ієò}}$ - зусилля різання, кН/м; $V_{\text{вх}}$ - початкова швидкість леза, м/с.

Результати досліджень процесу різання стебел м'яти

Таблиця 4.2.6

Результати досліджень різання стебел м'яти

№	$V_{вх}$, м/с	t,сек
1	0,51	0.00323
2	1,02	0.00185
3	1,51	0.00110
4	2	0.00080
5	2,47	0.00063
6	2,92	0.00053
7	3,35	0.00046
8	3,76	0.00041
9	4,13	0.00037
10	4,48	0.00034
11	4,79	0.00032

t - час різання дослідного зразка, сек; $V_{вх}$ - початкова швидкість леза, м/с;

Таблиця 4.2.7

Вплив швидкості леза і часу на зусилля різання стебел м'яти

№	$V_{вх}$, м/с	$F_{\partial^3\zeta}$, кН/м
1	0,51	2.42
2	1,02	5.82
3	1,51	7.02
4	2	8.29
5	2,47	9.46
6	2,92	10.50
7	3,35	9.91
8	3,76	10.66
9	4,13	10.10
10	4,48	9.75
11	4,79	10.44

$F_{\partial^3\zeta}$ - зусилля різання, кН/м; $V_{вх}$ - початкова швидкість леза, м/с.

Таблиця 4.2.8

Вплив швидкості леза на питоме зусилля різання стебел м'яти

№	$V_{\text{вх}}$, м/с	$F_{\delta}^{\text{ієò}}$, кН/м
1	0,51	1.29
2	1,02	9.31
3	1,51	11.81
4	2	14.40
5	2,47	14.97
6	2,92	16.61
7	3,35	18.25
8	3,76	21.59
9	4,13	20.43
10	4,48	23.95
11	4,79	23.26

$F_{\delta}^{\text{ієò}}$ - зусилля різання, кН/м; $V_{\text{вх}}$ - початкова швидкість леза, м/с.

5. Сутність удосконалення. Побудова та принцип роботи обладнання

Побудова та принцип роботи обладнання: «Ножовий млин РМ 120»

Ножовий млин РМ 120 призначений для подрібнення полімерних і рослинних матеріалів. Ця машина призначена для середнього й дрібного подрібнення: розмір шматків вихідного матеріалу становить 50 мм, а мінімальний розмір шматків після подрібнення може бути до 0.5 мм.

Ножовий млин може бути корисним в різних галузях промисловості, таких як хімічна, полімерна, харчова, фармацевтична, парфумерна і багато інших. Він ідеально підходить для тонкого подрібнення різних матеріалів, включаючи листя, стебла і коріння рослин, а також відходи полімерного виробництва.

Параметри	модель	
	РМ 120	РМ 250
Завантажувальний вікно, мм	80×60	270×250
Розміри ротора, мм	80×120	250×250
Крупність продукту, мм	0,5-15	1,5-40
Потужність електродвигуна, кВт	1,5/1,1	7,5
Напруга живлення, 50 Гц, В	220/380	380
Габаритні розміри, мм	500×550×1210	1380×610×1510
Маса, кг	45	450
матеріал ножів	Легована конструктивна сталь 40Х	Інструментальна сталь 9ХС

Ножовий млин РМ 120 ідеально підходить для подрібнення невеликої кількості матеріалу.

Основні характеристики включають:

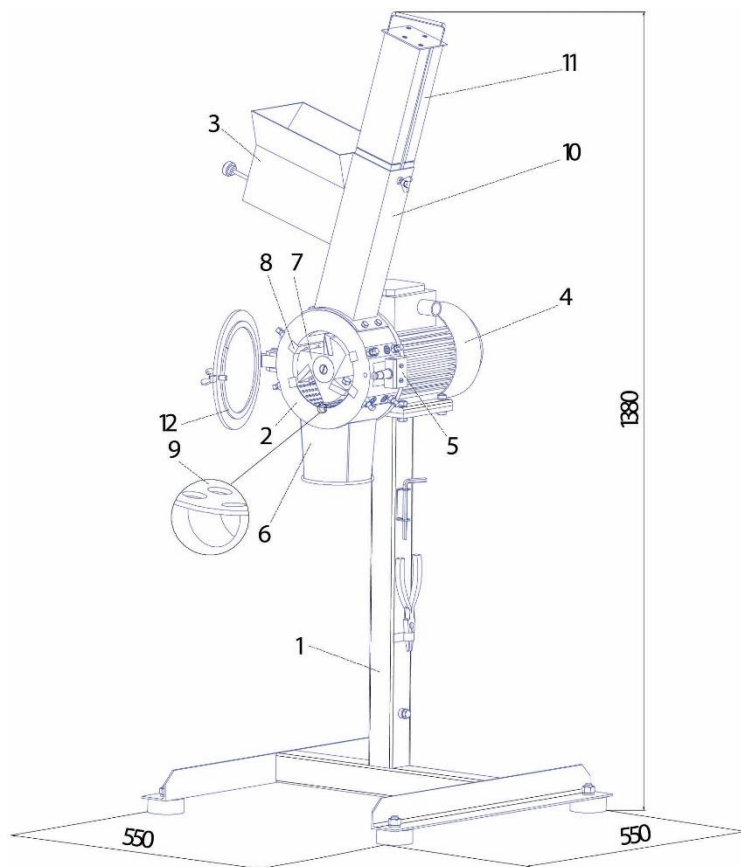
- Можливість подачі в камеру сипких або волокнистих матеріалів.
- Наявність плунжера для прошовування матеріалу в камеру подрібнення.
- Можливість закріплення поліетиленових пакетів для збору продукту.

- Комплектація пультом управління.
- Можливість поставки РМ 120 з опорним столом.

Конструкція.

Обладнання складається з основи, корпусу і електродвигуна. Електродвигун розміщений на основі, а циліндричний корпус прикріплюється до фланця електродвигуна. У верхній частині корпусу, над завантажувальним вікном, розташована живильна воронка, що складається з вертикального каналу з плунжером і горизонтальної ємності у верхній частині. У нижній частині корпусу встановлюється розвантажувальна решітка.

Камера подрібнення, утворена внутрішньою поверхнею корпусу і фланцем електродвигуна, закривається фронтальною кришкою. Усередині камери подрібнення розташований ротор і сім ножів: чотири нерухомих, які закріплені в корпусі, і три на роторі.



- 1- основа;
- 2- корпус;
- 3- завантажувальне вікно;
- 4- електродвигун;
- 5- пульт керування;
- 6- розвантажувальний патрубок;
- 7- рухомий ніж;
- 8- нерухомий ніж;
- 9- сито;
- 10- плунжер;
- 11- штовхач;
- 12- кришка.

Рис. 5.1.1 Ножовий млин РМ 120

Принцип дії.

Млин РМ 120 працює в режимі безперервної дії, що означає, що характеристикою його продуктивності є кількість матеріалу, яка виходить через розвантажувальну решітку протягом певного часу.

Під час роботи матеріал, який подається через живильник (4), потрапляє в камеру подрібнення. Подрібнення (або різання) матеріалу відбувається, коли частинки матеріалу потрапляють між ножами ротора і корпусу. На ці частинки матеріалу діють зсувні сили деформації, аналогічні тим, що виникають при різанні за допомогою ножиць або гільйотини.

За один оберт ротора відбувається дванадцять циклів подрібнення. Існують два базових режими роботи: замкнута і незамкнута камера подрібнення. У першому режимі матеріал подрібнюється (зазвичай це довговолокнистий або об'ємний матеріал) і проштовхується через вертикальний канал живильної воронки плунжером, торець якого в нижньому положенні перекриває перетин каналу. У другому режимі плунжер закріплений стопорним гвинтом у верхній частині вертикального каналу живильної воронки, а завантаження відбувається за допомогою штовхача через горизонтальний жолоб.

Матеріал, який не потрапив у камеру подрібнення, відкидається в завантажувальну воронку (при незамкненій камері подрібнення). Таким чином, у вертикальному каналі воронки, обмеженому зверху плунжером, утворюється "киплячий" шар матеріалу.

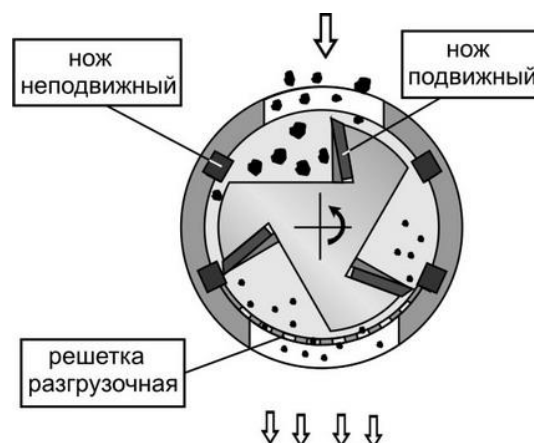


Рис. 5.1.2 Схема подрібнення матеріалу в камері подрібнення

Для зменшення цього ефекту рекомендується періодично припиняти завантаження і, не вимикаючи млин, проштовхувати плунжером "киплячий" шар матеріалу всередину камери подрібнення. Подрібнений матеріал потрапляє через отвори розвантажувальної решітки, де крупність подрібненого продукту визначається розміром і формою отворів в решітці.

Запропоновано замінити вузол подачі рослинної сировини в млин. Суть цього удосконалення полягає в поліпшенні та спрощенні функції подачі сировини на подрібнення та збільшенні продуктивності.

До вузла подачі додано стрічковий конвеєр, на якому розташований пристрій для направлення рослинної сировини. Крім того, у бункері роторної ножової машини вмонтовано валик, який притискає рослинну сировину. Це зроблено для того, щоб рослинна сировина (листя і стебла рослин) потрапляла на обробку без перешкод із певною швидкістю та без особливих втручань людини.)

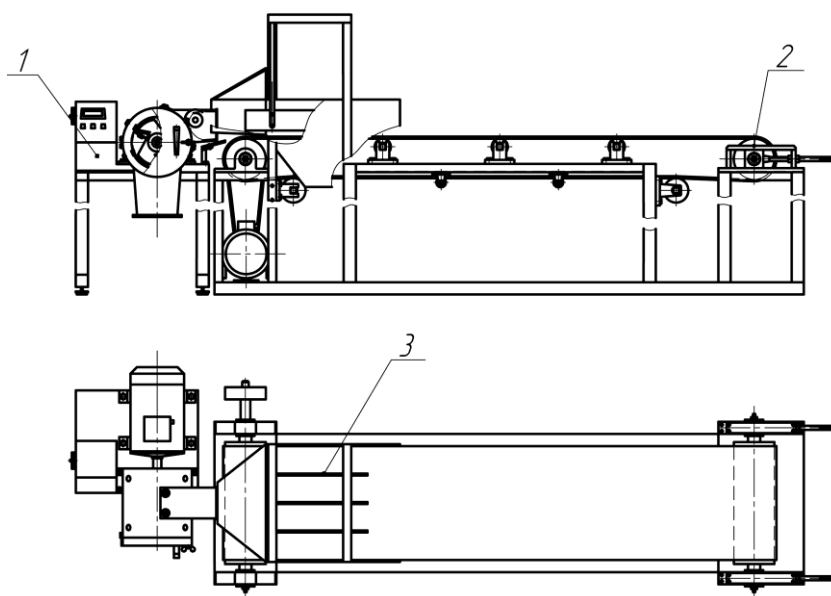


Рис. 5.1.3 Удосконалене обладнання, зміна звичайного живильника на запропонований: 1- роторний млин; 2- стрічковий конвеєр; 3- вузол для направлення рослинної сировини.

Це удосконалення спрямоване на покращення процесу завантаження продукту для подрібнення. Раніше продукт рослинного походження (листя, стебла, коріння) завантажувався в бункер, де рухався вниз. Іноді, особливо при великій щільності, продукт застрягав в бункері, що вимагало додаткових зусиль для його проштовхування, що створювало незручності. Запропоноване удосконалення з використанням стрічкового конвеєра дозволило покращити цей процес. Механічна подача не лише підвищила продуктивність, але й допомогла уникнути застрягання продукту при великій щільності.

Однак, таке удосконалення має свої недоліки, зокрема, збільшення габаритних розмірів з встановленням конвеєра та збільшення витрати електроенергії. Проте ці недоліки не є критичними, особливо якщо метою є підвищення продуктивності та якості продукції.

6. Підбір конструкційних матеріалів

Вибір матеріалів для виготовлення ножового роторного млина (PM120) у харчовому машинобудуванні здійснюється, враховуючи декілька ключових аспектів:

1. Безпечність контакту з продуктами харчування: Матеріали повинні відповідати стандартам безпеки харчових продуктів та не впливати негативно на їх якість.
2. Економічна вигідність: Вибираються матеріали, що відповідають потребам конструкції, а також є економічно оптимальними для виробництва млина.
3. Надійність та тривалість служби: Обираються матеріали, що мають достатню міцність та стійкість до зношування, щоб забезпечити неперервну та довготривалу роботу млина.
4. Стійкість до зношування: Оскільки зношування деталей може призвести до простою устаткування, важливо вибрати матеріали з високою стійкістю до зношування для підвищення терміну служби млина та запобігання аваріям.
5. Стійкість до корозії: Оскільки деякі деталі млина знаходяться у прямому контакті з харчовими продуктами, обираються матеріали, що відповідають вимогам стійкості до корозії в робочому середовищі.

Отже, вибір конструкційних матеріалів для PM120 здійснюється з урахуванням цих факторів для забезпечення максимальної ефективності, безпеки та довговічності млина.

7. Розрахунок обладнання

7.1. Розрахунок параметрів ротора.

Частота обертання ротора:

$$n = \frac{\sigma}{D_{cp} \rho \sqrt{\Pi_\rho}} = \frac{48}{0,2 \cdot 2,15 \cdot \sqrt{35}} = 18,87 \frac{об}{сек} \approx 1100 \frac{об}{хв}$$

Π_ρ - продуктивність ножової дробарки від 1 до 50 кг/год. ($\Pi_\rho = 35 \frac{кг}{год}$);

$\sigma = 48 \frac{МН}{м^2}$ - границя міцності на розтяг;

$\rho = 2,15 \frac{кг}{м^3}$ - густина;

$D_{ср.к.} = 0,2 м$ - середній розмір шматків, що завантажують;

Діаметр ротора:

$$D_p = \sqrt[3]{\frac{\Pi_\rho}{6n}} = \sqrt[3]{\frac{35}{6 \cdot 1100}} = 0,174 м$$

Приймаємо діаметр ротора $D_p = 0,12 м$

Довжина ротора:

$$L_p = (0,8 \dots 1,2) \cdot D_p = 1,0 \cdot 0,12 = 0,12 м$$

7.2. Розрахунок ножа

Довжина ножа:

$$L_M = (0,4 \dots 0,5) \cdot \frac{D_p}{2} = 0,4 \cdot \frac{0,12}{2} = 0,024 м = 24 мм$$

Приймаємо $L_M = 25 мм$

Час одного оберту ротора:

$$T = \frac{60}{n} = \frac{60}{18,9 \cdot 60} = 0,05 сек$$

Час перетинання потоку подрібнюваного матеріалу ножами:

$$T_1 = \frac{T}{k} = \frac{0,05}{3} = 0,016 \text{сек}$$

Де k - це кількість ножів = 3

Необхідно досягти оптимальної швидкості потоку матеріалу, щоб він ефективно проникав у зону обертового ротора:

$$\omega_{\min} = \frac{C_{\min}}{T_1} = \frac{0,06}{0,016} = 3,75 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

$$\omega_{\max} = \frac{C_{\max}}{T_1} = \frac{0,07}{0,016} = 4,38 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

Необхідно враховувати оптимальну висоту для вертикального завантаження дробильного матеріалу з вільного падіння в дробарку:

$$H_{\max} = \frac{\omega_{\max}^2}{2g} = \frac{4,38^2}{2 \cdot 9,81} = 0,98 \text{м}$$

$$H_{\min} = \frac{\omega_{\min}^2}{2g} = \frac{3,75^2}{2 \cdot 9,81} = 0,72 \text{м}$$

7.3 Траєкторія леза ножа апарату для подрібнення шару матеріалу

Аналіз схеми циліндричного ріжучого апарату в площині, перпендикулярній до площини різання, включає в себе розгляд таких параметрів:

1. Товщина (h) розрізаючого шару матеріалу.
2. Висота (a) розташування вала барабана над ріжучою пластиною.
3. Діаметр барабана (D) у взаємозв'язку зі швидкостями подачі матеріалу та обертанням барабана.

Траєкторія ножів барабана відносно матеріального шару враховує одночасне обертання ножів навколо осі барабана з кутовою швидкістю і подачу маси шару на барабан. Рівняння руху маси матеріалу може бути виражене у нерухомих осях координат OX і OY :

$$x = v_{cl}t + \frac{D}{2} + \cos wt \quad y = \frac{D}{2}(1 - \cos wt)$$

Де t — час, за який барабан повертається на кут wt .

Приймається, що не шар маси рухається поступально на барабан, а барабан рухається на нерухомий шар зі швидкістю.

При побудові послідовних положень ножа (див. рисунок 6.1), вважається, що співвідношення швидкостей v_{δ} і v_{cl} приймається близьким до одиниці. Відстані між будь-якими однорідними точками суміжних відрізків рівні між собою.. v_{δ} і v_{cl}

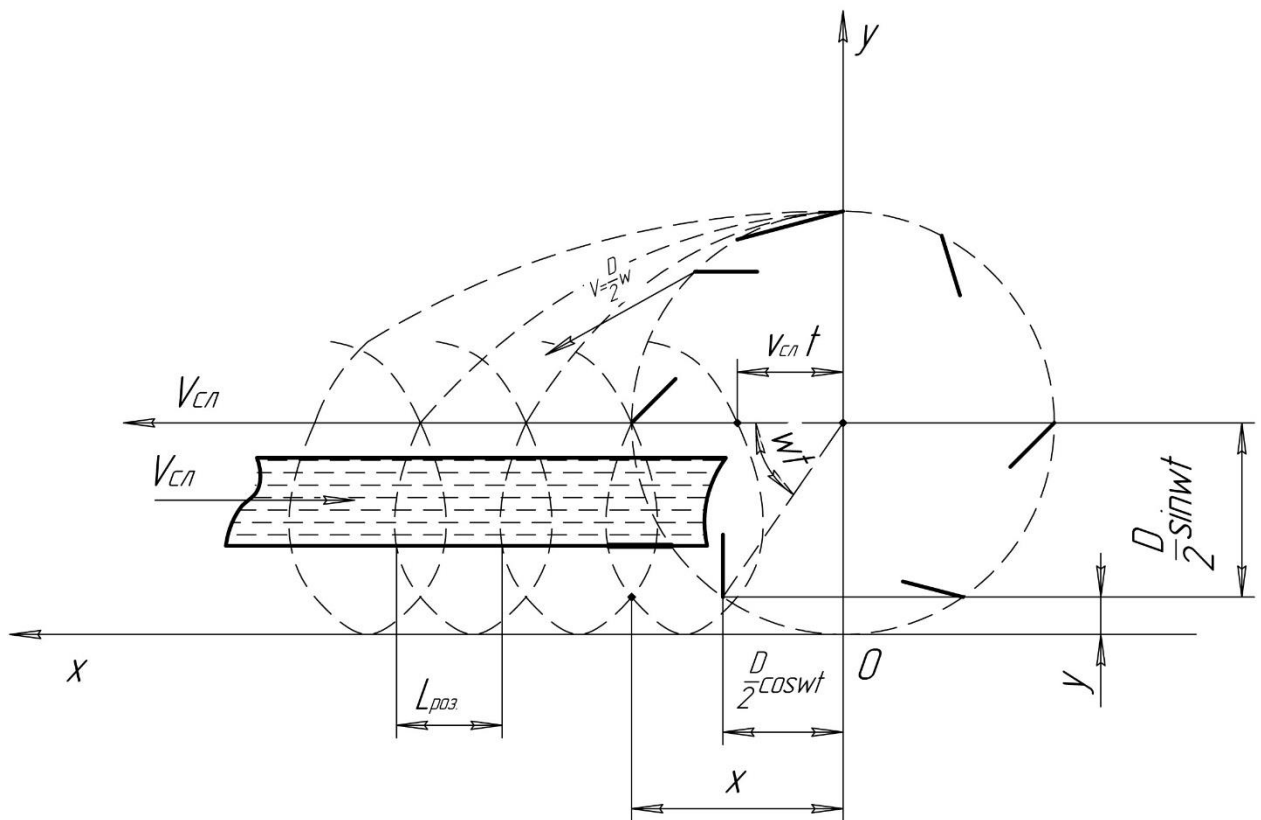


Рис. 7.1 Траєкторія лез ножів барабана відносно перерізів шару матеріалів

$L_{роз.}$ - є розрахунковою довжиною різання. Цю довжину можна визначити :

$$L_{роз} = X_b - X$$

Центральний кут між ножами:

$$\theta = \frac{2\pi}{z} = \frac{2 \cdot 3.14}{3} = 2.09с^\circ$$

z — кількість ножів на барабанні.

З рівняння (1) виводимо:

$$\sin wt = \frac{R - y}{R}$$

де $R=D/2$;

Тоді:

$$\cos wt = \sqrt{1 - \left(\frac{R - y}{R}\right)^2}$$

Підставивши значення $\cos wt$ в рівняння, отримаємо:

$$x = v_{cl}t + R\sqrt{1 - \left(\frac{R - y}{R}\right)^2}$$

Ніж в шарі матеріалу уповільнює рух на час Δt , для повороту барабана на кут θ .

$$\Delta t = \frac{\theta}{w_{cp}}$$

Де $w_{cp} = \frac{w_{\max} + w_{\min}}{2} = \frac{3.75 + 4.38}{2} = 4.07 м/с$

Так як час змінився, то:

$$x' = v_{cl}(t + \Delta t) + R\sqrt{1 - \left(\frac{R - y}{R}\right)^2}$$

Підставивши значення Δt и враховуючи $y'=u_0$:

$$L_{роз} = x_b - x = v_{cl} \left(t + \frac{\theta}{\omega} \right) + R \sqrt{1 - \left(\frac{R-y}{R} \right)^2} - v_{cl} t - R \sqrt{1 - \left(\frac{R-y}{R} \right)^2}$$

Тоді:

$$L_{роз} = v_{cl} \frac{\theta}{\omega} = 2 \cdot \frac{2.09}{4.07} = 1.02$$

7.4 Технологічний розрахунок

Припускаючи, що початкова швидкість руху частинки дорівнює нулю, ми визначаємо колову швидкість ножа як швидкість його обертання навколо осі барабана:

$$v_{\min} = \frac{P \cdot \tau}{m} = \frac{300 \cdot 1 \cdot 10^{-5}}{4.2 \cdot 10^{-5}} = 71 \text{ м/с}$$

де

m - маса частинки матеріалу ($m=4,2 \cdot 10^{-5}$ кг);

τ - тривалість різання ($\tau=1,0 \cdot 10^{-5}$ с);

P - сила опору руйнування ($P= 300$ Н);

Визначаємо кутову швидкість ножа:

$$\omega = \frac{v_{\min}}{R_m} = \frac{71}{0.043} = 1651.2 \text{ рад/с}$$

$$R_m = l + 0.025 = 1.82 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$

l - відстань від кінця ножа до осі його кріплення

$$l=c+0,5b=5,66 \cdot 10^{-3}+0,5 \cdot 0,025=1,82 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$

$$c = \frac{a^2 + b^2}{6a} = \frac{0.025^2 + 0.015^2}{6 \cdot 0.025} = 5.66 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

a -довжина ножа ($a=0,025$ м); b - ширина ножа ($b=0,015$ м);

прийнемо кутову швидкість $\omega=1800$ рад/с.

Маса ножа виготовленого зі сталі, густина якого $\rho=7850 \text{ кг/м}^3$:

$$m_M = a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho = 0.25 \cdot 0.15 \cdot 0.01 \cdot 7850 = 0.029 \text{ кг}$$

δ - товщина ножа ($\delta = 10 \text{ мм}$)

Радіус кола розміщеного центрів вала ножів:

$$R_c = R + c = 0.25 + 0.00566 = 0.031 \text{ м}$$

Відцентрова сила інерції ножів:

$$P_i = m_M \cdot \omega^2 \cdot R_c = 0.029 \cdot 1800^2 \cdot 0.031 = 2912.7 \text{ Н}$$

Діаметр осі підвісу ножа при допустимому напруженні на згин $[\sigma]=100 \text{ НН/м}^2$:

$$d = 1.36 \sqrt[3]{\frac{P_i \cdot \delta}{\sigma}} = 1.36 \sqrt[3]{\frac{2912.7 \cdot 0.01}{100 \cdot 10^5}} = 0.019 \text{ м}$$

У відповідності з рядом нормальних мінімальних розмірів приймаємо $d = 0,02 \text{ м}$

Діаметр вала в небезпечному перерізі біля шківів:

$$d_g = 0.0052 \sqrt[3]{\frac{N}{w}} = 1.36 \sqrt[3]{\frac{15}{100}} = 0.0028 \text{ м}$$

Враховуючи послаблення вала за допомогою шпонкового пазу, приймаємо $d_v=0,02 \text{ метра}$. З урахуванням чотирьох послідовних збільшень діаметра вала, знаходимо його кінцевий діаметр:

$$d_{кін} = 1.2^n \cdot d_g = 1,2^4 \cdot 0,02 = 0.0415 \text{ м}$$

В результаті приймаємо $d = 0,045$;

Продуктивність ножового млина:

$$G = 3600 \cdot k_1 \cdot D_d^2 \cdot L_p \cdot \rho \cdot n$$

Де k_1 – коеф. що враховує фізичні властивості матеріалу

$$k_1 = (1.3 - 1.4)10^{-4}$$

D_d - діаметр диска

$$D_d = 2 \cdot \pi \cdot R_d = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0322 = 0,2 \text{ м}$$

R_d - зовні. радіус

$$R_d = R + 0.5\delta + h_{\min} = 0.025 + 0.5 \cdot 0.01 + 0.0022 = 0.0322 \text{ м}$$

h_{\min} - мінімальний розмір перемички

$$h_{\min} = \frac{0.5 \cdot P_i}{\delta \cdot \sigma_3} = \frac{0.5 \cdot 2912.7}{0.01 \cdot 65 \cdot 10^6} = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\sigma_3 = 65 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$$

L_p - довжина ротора= 0,12 м

$n=18,87$ об/с - частота обертання ротора.

$$G = 3600 \cdot 1.5 \cdot 10^{-4} \cdot 0.2^2 \cdot 0.12 \cdot 7850 \cdot 18.87 = 3839 \text{ кг/с}$$

Потужність електродвигуна приводу ножового млина:

$$N = 9 \cdot D_d^2 \cdot L_p \cdot n = 9 \cdot 0.2^2 \cdot 0.12 \cdot 18.87 = 0.85 \text{ кВт}$$

7.5 Розрахунок стрічкового конвеєра

1. Розрахунок продуктивності конвеєра:

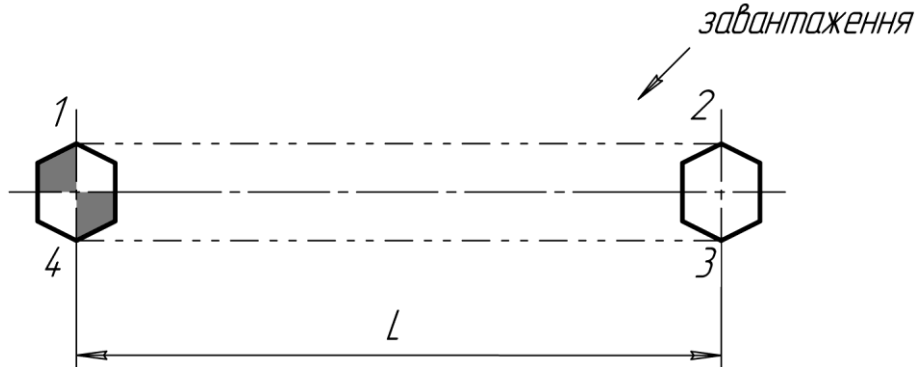


Рис.7.5.1 Схема конвеєра

$B = 1.1(\sqrt{\frac{Q}{c \nu \rho}} + 0.05)$ з цієї формули виводимо продуктивність Q, тоді

$$Q = \left(\left(\frac{B^2}{1.21} \right) - 0.0025 \right) \cdot c \cdot \nu \cdot \rho = \left(\left(\frac{0.3^2}{1.21} \right) - 0.0025 \right) \cdot 160 \cdot 5 \cdot 27 = 1552.6 \text{ кг/с}$$

Де C — коефіцієнт який залеж від конструкт. ролика: при $\varphi = 10^\circ$, C = 160;

$\rho = 27 \text{ кг/м}$ — щільність продукту; B - ширина стрічки 300мм

2. Тяговий розрахунок:

Ми будемо графічно трасу конвеєра та контур тягового органу, розбиваючи його на прямі відрізки (див. рисунок 7.5.1). Натяг у стрічці визначається універсальним методом розрахунку за контуром.

Ми обираємо привід конвеєра з одним ведучим барабаном, кут обхвату якого $\alpha = 240^\circ$. Поверхня барабана футерована гумою. Натяг у набіжній вітці стрічки (точка 4) визначається за формулою Ейлера.:

$$S_4 \leq S_1 e^{f\alpha} = 5.34 S_1$$

де $e = 2.71$ - основа натурального логарифма: $e^{f\alpha} = 5.34$;

$f = 0.4$; f — коефіцієнт тертя між стрічкою і футерівкою барабана;

У рівнянні є дві невідомі величини - S_4 і S_1 . Щоб їх знайти, потрібно скласти друге рівняння. Для цього ми обходимо тяговий контур від точки 1 до точки 4, визначаючи натяг у всіх точках через натяг S_1 у точці 1.

Для подальших розрахунків ми визначаємо лінійні (погонні) навантаження.

1. Від транспортованого вантажу:

$$q = \frac{Q_d}{3.6v} = \frac{1552.6 \cdot 9.81}{3.6 \cdot 5} = 846 \text{ Н/м}$$

2. Від ваги обертових роликів відповідно робочої і неробочої віток:

$$q'_p = \frac{G'_p}{l'_p} = \frac{11.58}{0.37} = 31.3 \text{ Н/мм}$$

$$q''_p = \frac{G''_p}{l''_p} = \frac{19.22}{0.74} = 25.9 \text{ Н/мм}$$

Де G'_p і G''_p — ваги обертових роликів для підтримання відповідно робочої і неробочої віток стрічки:

$G'_p = m'_p g = 1.18 \cdot 9.81 = 11.58 \text{ Н}$ — для жолобчастої роликкоопори нормального виконання;

$G''_p = m''_p g = 1.96 \cdot 9.81 = 19.22 \text{ Н}$ — для прямої роликкоопори;

m'_p і m''_p — маси обертових частин конвеєрних роликів жолобчастої та прямої роликкоопор (1,18; 1,96)

l'_p , l''_p — відстані між роликкооперами віток: відповідно робочої (беремо

$l'_p = 0,37 \text{ мм}$ і неробочої $l''_p = 2 \dots 2,5 l'_p = 2 \dots 0,37 = 0,74 \text{ мм}$.

Геометричні розміри роликкоопор (рис. 3.5.2): для робочої вітки

$d_p = 100 \text{ мм}$, $a \approx 0,03B = 0,03 \cdot 300 \approx 9 \text{ мм}$, $l_k = 300 \text{ мм}$.

3. Для попереднього вибору кількості прокладок стрічки, ми спочатку

приблизно визначаємо потужність приводу конвеєра, тягове зусилля привідного барабана, а також зусилля у набіжній і збіжній вітках стрічки.

Потужність двигуна приводу конвеєра наближено може бути розрахована таким чином:

$$P = \frac{k_1 Q}{367 \eta_M} (Lw \pm H) = \frac{1.3 \cdot 1552.6}{367 \cdot 0.85} (1 \cdot 0.04 \pm 0) = 0.26 \text{ кВт}$$

Дек1 — коефіцієнт, який урахує опір рухові стрічки на барабанах та інші опори: приблизно $k_1 = 1,15 \dots 1,5$, для нашого; $w = 0,04$ — коефіцієнт опору рухові стрічки.

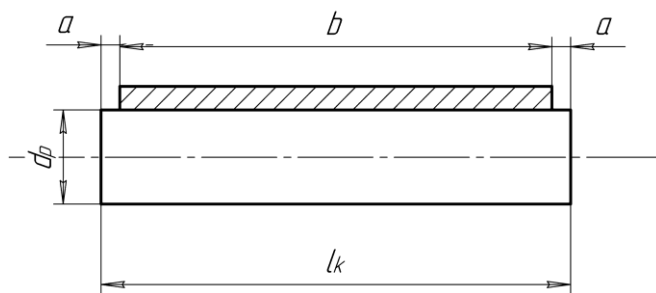


Рис. 7.5.2 Схема розміру ролика

Тягове зусилля в стрічці:

$$F = \frac{P \eta_M}{v} = \frac{10^3 \cdot 0.26 \cdot 0.85}{5} = 44.2 \text{ Н}$$

Зусилля у збіжній вітці:

$$S_{\text{за}} = S_1 = \frac{F}{e^{fa} - 1} = \frac{44.2}{5.34 - 1} = 10.18 \text{ Н}$$

Зусилля в набіжній вітці:

$$S_{\text{на}} = S_4 = \frac{F e^{fa}}{e^{fa} - 1} = \frac{44.2 \cdot 5.34}{5.34 - 1} = 54.4 \text{ Н}$$

Кількість ущільнень (основних) стрічки :

$$i = \frac{S_4 \cdot n_6}{\sigma_p \cdot B} = \frac{54.4 \cdot 10}{196 \cdot 10^3 \cdot 0.3} = 0.009 \text{ приймаємо } 1$$

де $n_6 = 10$ — запас міцності стрічки; $\sigma_p = 196 \cdot 10^3$.

Лінійна вага стрічки:

$$q_0 = \rho_c B (\delta i + h_1 + h_2) g = 300 \cdot 1 (1.25 \cdot 1 + 0 + 0) 9.81 = 3678.75 \text{ Н/мм}$$

Де ρ_c - щільність стрічки; $\delta = 1,25$ мм — товщина прокладки; h_1, h_2 - товщини відповідно верхньої і нижньої обкладок.

Необхідно визначити напруження в ключових точках тягового контуру:

$$S_1 = S_{ca};$$

$$S_2 = S_1 + W_{1,2} = S_{ca} + (q_0 + q'')gwL;$$

$$S_3 = S_2k;$$

$$S_4 = S_3 + W_{3,4} = S_3 + (q_0 + q_c + q'_p)gwL;$$

$$\left. \begin{aligned} S_4 &= S_3 + (q_0 + q_c + q'_p)gwL \\ S_4 &= S_1 e^{fa} \end{aligned} \right\}$$

$$S_1 = 10.18 \text{ Н}$$

$$S_2 = 10.18 + (3.68 + 0.026)9.81 \cdot 0.022 \cdot 1.3 = 11.2 \text{ Н}$$

$$S_3 = 11.2 \cdot 1.05 = 11.76 \text{ Н}$$

$$S_4 = 11.76 + (3.68 + 0.026 + 0.031)9.81 \cdot 0.022 \cdot 1.3 = 12.8 \text{ Н}$$

На основі розрахованих натягів в точках ми побудуємо діаграму натягу стрічки конвеєра (див. рис. 7.5.3). Максимальний прогин стрічки між роликками повинен відповідати встановленим умовам.:

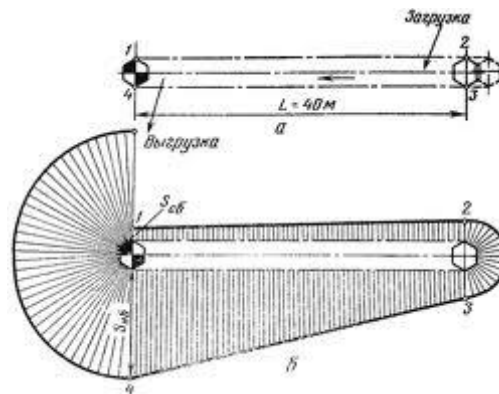


Рис. 7.5.3 Схема натягу стрічки конвеєра

3. Вибір параметрів приводу:

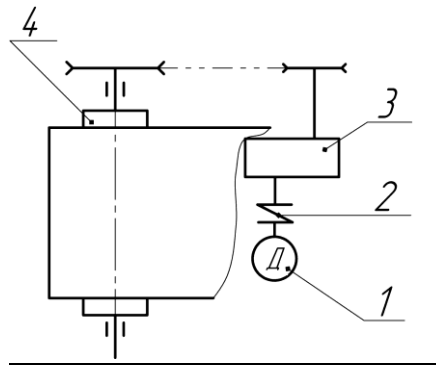


Рис. 7.5.4. Схема приводу стрічкового конвеєра:

1 — електродвигун; 2 — муфта; 3 — редуктор; 4 — привідний вал;

Опір рухові стрічки:

$$F_k = S_{i\dot{a}} - S_{\dot{c}a} = 12.8 - 10.18 = 2.62 \text{ Н}$$

$$F_T = S_{i\dot{a}} - S_{\dot{c}a} + K(S_{i\dot{a}} + S_{\dot{c}a}) = 12.8 - 10.18 + 0.04(12.8 + 10.18) = 3.54 \text{ Н}$$

Розрахункова потужність електродвигуна приводу конвеєра:

$$N_0 = \frac{F_T \cdot v}{\eta} = \frac{3.54 \cdot 5}{0.88} = 20.1 \text{ кВт}$$

Розрахункова потужність електродвигуна приводу конвеєра:

$$N_{\dot{a}\dot{a}} = \frac{N_0}{\eta} = \frac{20.1}{0.88} = 22.8 \text{ кВт}$$

$\eta = 0.88$ - ККД приводу

Установлювана потужність двигуна:

$$N = n_y N_{\dot{a}\dot{a}} = 1.1 \cdot 22.8 = 25 \text{ кВт}$$

$n_y = 1.1 \dots 1.2$ — коефіцієнт установлюваної потужності (запас потужності).

За каталогом вибираємо асинхронний двигун типу 4АІР63А2 з фазовим ротором і такими даними: потужність $P = 25$ кВт, $n = 2730$ об/хв.

1. Приймаємо d - барабана = 100 мм

2. Частота обертання привідного барабана:

$$n_{\dot{a}} = \frac{60\nu}{\pi d} = \frac{60 \cdot 5}{3.14 \cdot 0.3} = 318.5 \text{ об/хв.}$$

3. Передаточне число редуктора приводу конвеєра:

$$U_{i\vartheta} = \frac{n_{\ddot{a}\dot{a}}}{n_{\dot{a}}} = \frac{2730}{318.5} = 8.57$$

Приймаємо по каталогу ЦД2-100М-16-1.

8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту

1. Монтаж

Перед початком роботи необхідно ретельно вивчити інструкцію з експлуатації ножової дробарки.

Млин повинен працювати в сухому, опалювальному та вентилярованому приміщенні.

Існують два основні варіанти поставки млина: в транспортному положенні і в зібраному стані. У транспортному положенні млин поставляється розібраним на складові частини.

Після доставки обладнання в приміщення, необхідно розпакувати його, перевірити комплектність відповідно до листа постачання. При розпакуванні слід дотримуватися всіх вказівок на упаковці, обережно відкривати ящик і зняти плиту основи. Також варто видалити плівку, оскільки вона може викликати підвищення вологості.

Перед початком монтажу слід провести зовнішній огляд обладнання:

- перевірити корпус та інші металеві частини на наявність пошкоджень;
- переконатися, що клема захисного заземлення та вилка мережного шнура безпечні й чисті;
- переконатися, що в живильній воронці та камері дроблення відсутні будь-які сторонні предмети.

Якщо ножовий млин РМ 120 не буде відразу запущений в роботу, він повинен зберігатися в захищеному місці, де не постійно змінюються кліматичні умови.

Монтаж машини проводиться на чисту підлогу без необхідності у фундаменті. Вивірка здійснюється за допомогою регулюючих гвинтових ніжок і монтажних рівнемірів високої точності.

Для переведення машини з транспортного положення в робоче (в зборі) необхідно закріпити стійку на підставі, для чого загорнути два гвинти кріплення, і закріпити чотирма гвинтами електродвигун на стійці.

Порядок підготовки млина до роботи:

а) встановіть млин на місце постійної експлуатації, забезпечивши попередньо горизонтальність площадки. Млин повинна стояти на чотирьох амортизаторах стійки і знаходитися в зоні дії вентиляції;

б) з'єднати заземлення млина, оголеним мідним проводом перерізом не менше 1,5 мм;

в) закріпіть пульт управління або вимикач живлення в місці, зручному для керування роботою млина, здійснити монтаж електрообладнання у відповідності з електричною схемою;

г) подати короткочасне електроживлення на млин для перевірки правильності напрямку обертання двигуна. Електродвигун повинен обертатися за годинниковою стрілкою;

д) перевірте роботу блокування, для чого запусіть двигун і відкрийте кришку до спрацювання кінцевого вимикача. При цьому двигун повинен зупинитися. Закриття кришки не повинно викликати запуск двигуна. Він повинен запускатися тільки при натисканні кнопки ПУСК пульта управління або іншого пускового пристрою.

Перший пуск здійснюється в режимі 50% від максимального навантаження і після перевірки роботи всіх механізмів і систем керування запускають обладнання на повну потужність, при цьому змінюють продуктивність автомата, технічні режими, а також експлуатаційні параметри приводів інших механізмів.

Ремонт обладнання проводять у відповідності з планом ремонтних робіт, який розроблений на кожний плановий рік.

2. Експлуатація

До експлуатації обладнання допускаються лише особи, які пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Машина повинна обслуговуватися персоналом, який має спеціальну підготовку з технічного використання та експлуатації.

Установка обладнання і захист від неполадок.

1. У випадку необхідності технічного обслуговування або усунення неполадок на працюючій машині, допускається приведення машини в дію ручним способом або за допомогою клавiшного вимикача.
2. Якщо клавiшний вимикач розташований поза радіусом досяжності обслуговуючого персоналу, то одна спеціально призначена особа повинна обслуговувати машину з одного постійного місця, з якого може контролювати роботу і негайно зупиняти машину. Ця особа не повинна залишати своє постійне місце під час проведення робіт.
3. Забороняється завантаження матеріалу в вимкнене обладнання. При завантаженні необхідно уникати потрапляння в обладнання непомітних частинок, таких як шматки металу, камені і т.п. Потрапляння цих матеріалів в камеру дроблення може призвести до затуплення або поломки ножів та виведення машини з ладу.
4. У випадку застрягання ножів необхідно негайно відключити електроживлення млина.

Очищення

Перед виконанням будь-яких робіт з догляду та очищення преса необхідно вимкнути його головним вимикачем і забезпечити захист машини від ненавмисного увімкнення.

Вказівки по запобіганню нещасних випадків

Машина оснащена всіма сучасними пристроями безпеки і захисту, що гарантує безпечну роботу на ній. Професійне обслуговування машини дозволяє виконувати безпечну і надійну роботу з обладнанням. Однак неправильне обслуговування машини може призвести до небезпечних ситуацій.

Для відключення машини передбачена кнопка аварійного відключення на панелі управління. Для повного відключення електропідведення слід відключити вимикач або внутрішній запобіжник і забезпечити захист від ненавмисного включення.

Технічне обслуговування

№ п/п	Періодичність проведення	Перелік робіт
1	2	3
1	Перед початком зміни	Провести зовнішній огляд обладнання. Перевірити кнопку аварійної зупинки.
2	Один раз на тиждень	Перевірити стан заточки ножів; при необхідності виконати заточку ножів. Перевірити зазор між ножами, у разі потреби - відрегулювати зазор. Перевірити справність системи блокування обладнання.
3	Через кожні 120 годин роботи	Перевірити затягування гвинтів кріплення, у разі необхідності підтягнути кріплення.
4	Один раз на півріччя	Нанести мастило Літол-24 на підшипники електродвигуна, провести усі пункти до.

Вказівки по запобіганню нещасних випадків

Перед початком роботи необхідно детально вивчити інструкцію з експлуатації. РМ 120 має клас захисту 01, тому під час роботи обов'язкове заземлення обладнання та підключення кінцевого вимикача, що автоматично відключає електроживлення при відкритті кришки камери подрібнення.

Особи, які керують роботою РМ 120, повинні мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче II.

Обслуговування та ремонт РМ 120 можуть проводити особи, які пройшли атестацію з електробезпеки та мають відповідне посвідчення. Роботи з обслуговування та ремонту обладнання можуть виконувати особи, які мають кваліфікаційну групу не нижче III. Для уникнення травматичних ситуацій від ураження електричним струмом огляд та ремонт слід проводити при відключенні обладнання від електричної мережі.

Під час роботи млин розташовується в спеціально відведеному місці на жорсткій, міцній та горизонтальній підлозі.

Заборонено:

- Експлуатувати млин без захисного заземлення.
- Проводити ремонтні роботи без відключення електроживлення.
- Використовувати млин при вимкненій або несправній системі витяжної вентиляції.
- Запускати млин з несправною або штучно замкнутою системою блокування.
- Відкривати кришку до повної зупинки ротора.

9. Охорона праці

Закон України про охорону праці

14 жовтня 1992 року Верховною Радою України був прийнятий закон "Про охорону праці". Цей закон призначений для забезпечення життя та здоров'я людини перед будь-якими наслідками виробничої діяльності, соціального захисту людини та відшкодування шкоди, заподіяної здоров'ю та інші.

Охорона праці в Україні здійснюється і регулюється на основі постанов Раді Міністрів України, законодавчих актів, таких як Конституція України, Кодекс законів про працю, постанов Кабінету Міністрів і Верховної Ради України, а також спеціальних правил і норм

Інструктаж

Інструктажі з охорони праці здійснюються відповідно до "Тимчасового положення про навчання, інструктаж та перевірку знань працівників з питань охорони праці" на всіх підприємствах, установах та організаціях, незалежно від їхньої характеристики, підпорядкування та форми власності. Метою цих інструктажів є навчити працівників правильним та безпечним способом виконувати свої трудові обов'язки, з урахуванням власної безпеки та безпеки навколишнього середовища. Інструктажі поділяються за часом та характером проведення на наступні види:

1. вступний - проводиться при прийнятті на роботу;
2. первинний - проводиться перед початком роботи на підприємстві;
3. періодичний - проводиться 1 раз на 6 місяців або 1 раз на 3 місяці;
4. позаплановий - проводиться у разі виникнення нещасних випадків, заміни технологічного обладнання або зміни технологічного процесу;
5. цільовий - проводиться при виконанні одноразових робіт.

Згідно з чинним законодавством, керівники підприємств зобов'язані забезпечити своєчасне та якісне проведення інструктажу для працівників, що стосується прийомів і методів роботи, а також ознайомлення їх з правилами поведінки на території цехів та ділянок підприємства.

Заходи безпеки

Перед розпочатком роботи необхідно уважно ознайомитися з інструкцією з експлуатації обладнання. Ось деякі важливі пункти, що стосуються експлуатації РМ 120:

1. Клас захисту РМ 120 - 01. При роботі обов'язкове заземлення млина.
2. Особи, які керують РМ 120, повинні мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче II.
3. Обслуговування та ремонт РМ 120 можуть проводити лише особи, які пройшли атестацію з електробезпеки та мають відповідні посвідчення. Роботи з обслуговування і ремонту млина можуть виконувати особи з кваліфікаційною групою не нижче III.
4. Огляд і ремонт слід виконувати на млині, відключеному від електричної мережі, щоб уникнути ураження струмом.
5. Підключення РМ 120 до електромережі має проводитися за допомогою справних електроустановочних пристроїв (шнур, вилка і розетка).
6. Млин повинен розташовуватися в спеціально відведеному місці на жорсткій, міцній і горизонтальній підставі.
7. Заборонено експлуатувати млин без захисного заземлення, проводити ремонтні роботи без відключення напруги, експлуатувати млин при вимкненій або несправній витяжній вентиляції, а також відкривати кришку млина до повної зупинки ротора.

Мікроклімат

Для забезпечення здорових і безпечних умов працездатності людини важливо, щоб оточуюче повітряне середовище відповідало встановленим санітарно-гігієнічним нормам. Основними факторами, які впливають на метеорологічні умови, є температура, вологість повітря і швидкість повітря.

Нормування виробничого мікроклімату проводиться відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «ЦСБТ: Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Ці стандарти встановлюють вимоги до мікроклімату виробничих приміщень, включаючи ті, де здійснюється подрібнення рослинної сировини.

- температура – 15...26°C;
- відносна вологість –40...60%;
- швидкість руху повітря - 0,2...0,4 м/с.

Для досягнення встановлених стандартів мікроклімату передбачається встановлення вентиляційних систем, герметизація і теплоізоляція трубопроводів

Вентиляція

При проектуванні вентиляційних систем для виробничих та допоміжних приміщень основними нормативними документами є СНіП 1133-75 "Опалення, вентиляція та кондиціювання" і СНіП 245-84 "Санітарні норми проектування промислових підприємств".

Метою проекту виробничої вентиляції є відповідність санітарним та технологічним вимогам щодо метеорологічних умов та чистоти повітря у приміщеннях для виготовлення медичних засобів.

Виробниче приміщення має оптимальну систему припливної та витяжної вентиляції з контрольованим повітряним потоком, а також обладнанням і приладами для вимірювання температури, вологості та ефективності фільтрації. Продуктивність системи витяжної вентиляції складає 80-90% від продуктивності системи припливної вентиляції для забезпечення потоку повітря у "чистому приміщенні".

Освітлення

У приміщеннях, де проводиться подрібнення рослинної сировини для виготовлення лікарських препаратів, використовується комбіноване освітлення - бокове природне та штучне. Загальний рівень освітлення складає 200 люксів. В цих приміщеннях передбачено два види освітлення: робоче та аварійне. Для аварійного освітлення використовується частина світильників, які призначені для робочого освітлення. Протягом світлого періоду доби виробничі приміщення освітлюються як природним світлом через вікна, так і штучним освітленням. Освітлення відповідає вимогам, визначеним у СНіП 11-4-79 "Природне та штучне освітлення".

Шум і Вібрація

Під час роботи ножового млина відзначається підвищена вібрація, яку можна зменшити, дотримуючись наступних заходів захисту:

1. Своєчасно очищати і балансувати вузли обладнання, що виконують швидкі обертові рухи.
2. Встановлювати приводи і обладнання на вібраційні опори (амортизатори, віброізолятори) для погашення вібрації.
3. Для захисту працівників від шкідливих шумів застосовувати навушники як індивідуальні засоби захисту. На сьогоднішній день спостерігається тенденція до постійного збільшення рівня шуму на виробництві через зростання потужностей технологічного обладнання. Допустимі норми шуму для підприємств визначені відповідно до ГОСТ 12.1.003 – В 3.ССБТ. Шум "загальні вимоги безпеки" наведено в таблиці 8.1 даного стандарту.

Таблиця 8.1.

Професія	Рівень звукового тиску, дБ в активних смугах з середньо геометричними смугами									Рівень звуку і еквівалентні рівні, дБ
	105	93	89	86	83	80	78	76	72	
Оператор	105	93	89	86	83	80	78	76	72	80

Для зменшення вібрації під час роботи використовуються наступні методи:

1. Послаблення вібрації на її джерелі завдяки технологічним та експлуатаційним рішенням.
2. Своєчасний догляд за обладнанням і його ремонт.
3. Використання гумових прокладок у з'єднаннях для зменшення передачі коливань від одних деталей до інших.
4. Кріплення повітропроводів до опор за допомогою прокладок і віброізоляторів.

5. Використання звукопоглинаючих покриттів у цеху.
6. Своєчасне змащування деталей, які труться.
7. Встановлення вентиляційних пристроїв та гумових подушок, що поглинають вібрації та коливання.
8. Збільшення втрат енергії в системі (вібропоглинання).
9. Зниження інтенсивності вібрацій на шляху їх поширення (віброізоляція).
10. Застосування засобів індивідуального захисту.

Захист від шуму при роботі РМ120:

Боротьба з шумом під час експлуатації молоткової дробарки є складною задачею, оскільки джерела шуму різноманітні і вимагають комплексних заходів на всіх етапах проектування, будівництва та експлуатації обладнання. Існують три основні напрямки для боротьби з шумом:

1. Зменшення шуму на джерелі його виникнення шляхом використання раціональних конструкцій, нових матеріалів та технологічних процесів.
2. Звукоізоляція обладнання за допомогою глушників, резонаторів, кожухів, захисних конструкцій, обробки стін, стелі, підлоги тощо.
3. Використання індивідуальних засобів захисту, таких як навушники та інші.

Часто вібрація виступає як супутній фактор шуму на робочих місцях, тому система профілактичних заходів для зменшення шуму має бути комплексною. Технологічні заходи охоплюють характеристику та розміщення обладнання, розрахунок параметрів шуму на етапі проектування, використання звукоізоляційних конструкцій та екранів, а також заміну шумних технологічних процесів і механізмів менш шумними альтернативами. Також можливе обладнання кабін для операторів зі звукоізоляцією, дистанційне керування обладнанням та автоматизація виробничих процесів для зменшення кількості операторів на місці.

Санітарно-побутові приміщення

Санітарно-побутові приміщення призначені для задоволення потреб працівників під час їх роботи та повинні відповідати вимогам, встановленим у СНіП 11.92-81 "Допоміжні будівлі" та ГМР. Такі приміщення включають у себе роздягальні, душові, умивальники та санітарні вузли.

При наявності до 50 працівників на підприємстві можуть використовуватись загальні роздягальні для всіх груп працівників. У разі перевищення цього числа, облаштовуються окремі роздягальні. Роздягальні мають особисті шафи для зберігання робочого, домашнього та спеціального одягу, з проходами шириною від 1,2 до 1,5 метра.

Кількість душових і умивальників розраховується відповідно до кількості працівників, а саме: один душовий на 8 чоловік, умивальники - по одному на 20 чоловік (працюючих у найбільшу зміну). Щодо санвузлів, то їх кількість повинна бути по одному на 15 працівників для жінок та на 10 - для чоловіків.

Вбиральні, адміністративні, виробничі та побутові приміщення мають розташовуватися на кожному поверсі. Відстань від робочих місць до гардеробних, місць для паління, душових та інших приміщень не повинна перевищувати 75 метрів, а від робочих місць на промисловій площадці - 150 метрів.

Електробезпека

В даному приміщенні обладнання з електродвигунами підпадає під жорсткі вимоги щодо охорони праці, встановлені правилами охорони праці. Згідно з Правилами Устройства Электроустановок (ПУЕ), всі виробничі умови за ступенем небезпеки поділяються на три категорії. Це приміщення відноситься до II категорії з підвищеною небезпекою. Однією з основних загроз у цьому приміщенні є накопичення статичної електрики на обладнанні. Це може призвести до пожеж, вибухів та порушень у роботі електроприладів. Тому застосовуються наступні заходи захисту:

1. Заземлення всього обладнання у приміщенні до системи заземлення.
2. Використання ізоляції у електроустановках для запобігання ураженню струмом та пожежам.
3. Використання захисних методів, таких як:
 - Зниження напруги (42 В і менше);
 - Захисне заземлення та занулення;
 - Подвійна ізоляція.

Пожежна безпека

Заходи пожежної безпеки включають:

- Збереження режимів роботи апарату відповідно до паспортних даних та технологічного регламенту.
- Своєчасне та якісне змащування підшипникових вузлів та механізмів з температурою, яка не перевищує температуру навколишнього середовища на 45°C.
- Надійна герметизація рухомих та нерухомих з'єднань.
- Надійна ізоляція нагрітих поверхонь апарату.
- Проведення оглядів та профілактичних ремонтів.

У даному приміщенні в якості первинних засобів пожежогасіння використовується вода, сухий пісок та вогнегасники марок ОХП-10, ОВП-10 та ОУ-8.

Комплектуючими елементами внутрішніх пожежних кранів є пожежні стволи РС-50 та напірні пожежні рукава діаметром 77 мм, призначені для робочого тиску до 1.5 МПа.

Обсяг води для гасіння пожежі визначається в залежності від об'єму приміщення та його ступеня вогнестійкості. Для цього підприємства приймаємо витрату води 20 л/с. Розрахунковий запас води для тривалого гасіння пожежі протягом трьох годин визначається наступним чином:

$$Q = (3 \cdot 3600 \cdot n) / 1000 = 10,8 \cdot n = 10,8 \cdot 20 = 216 \text{ м}^3$$

де, n - секундні витрати води, $\text{дм}^3/\text{с}$;

3600 і 1000- перевідні коефіцієнти відповідно годин в секунди і дм^3 в м^3 .

Висновки

Забезпечення безпеки та здоров'я працівників передбачає виконання наступних заходів:

1. Розробка та впровадження правил, стандартів, норм, положень та інструкцій з охорони праці.
2. Проведення контролю за відповідністю нормативним актам щодо безпеки машин, механізмів, технологічних процесів та устаткування.
3. Забезпечення працівників колективними та індивідуальними засобами захисту, а також лікувально-профілактичним харчуванням, миючими засобами та санітарно-побутовими приміщеннями.
4. Використання принципу матеріального заохочення працівників, які відповідально ставляться до виконання своїх обов'язків та активно беруть участь у підвищенні безпеки та поліпшенні умов праці.

Дотримання всіх цих вимог сприятиме покращенню умов роботи та забезпеченню безпеки працівників.

10. Охорона довкілля

Для забезпечення екологічної безпеки довкілля важливо впроваджувати організаційні, правові, економічні та соціальні заходи. Одним із ключових аспектів організаційного управління є надійний правовий механізм, який має гарантувати виконання принципів охорони природи та раціонального використання ресурсів.

Промислові підприємства є одним з основних джерел забруднення атмосфери. Забруднення може мати різні форми, включаючи викиди пилу та газів, стічні води, що містять токсичні речовини, а також забруднення ґрунту важкими металами та іншими шкідливими речовинами.

Одним із основних факторів, що призводить до незадовільного стану довкілля, є відсутність ефективних природоохоронних технологій та відповідних правових та економічних механізмів, спрямованих на використання екологічно безпечних технологій.

Розробка технологій відділення та знешкодження відходів є важливим елементом покращення екологічності підприємств. Також важливо мінімізувати кількість відходів в процесі виробництва.

У зв'язку з використанням хімічних речовин у виробничих процесах, важливим є дослідження їх впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Перш ніж нові хімічні речовини вводяться у виробництво, вони проходять обов'язкове дослідження їх токсичності. Зазвичай сировина, що використовується у виробництві, а також готова продукція, не мають вираженої токсичності і не впливають негативно на навколишнє середовище з точки зору санітарно-гігієнічних властивостей. Для того щоб захистити навколишнє середовище від тимчасових впливів технологічного процесу, вживаються наступні заходи:

- технічне обладнання, арматура, трубопроводи та транспортні контейнери максимально герметизуються;
- використовуються закриті ємності для сировини та напівфабрикатів;

- забруднені стоки очищуються після промивки обладнання та санітарної обробки приміщень;
- в процесі експлуатації обладнання робиться все можливе, щоб уникнути утворення пилу;
- в місцях, де пил найчастіше утворюється, встановлюються місцеві відсмоктувачі;
- система вентиляції робить так, щоб викиди в атмосферу, які містять пари дезрозчинів, були мінімальними і не впливали на загальний фон показників на підприємстві.

У виробничому середовищі законодавчо встановлюються максимально допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони, які забезпечують безпечні умови праці. Для оцінки якості повітря використовуються методи, що відповідають стандартам Міністерства охорони здоров'я та враховують конкретні умови виробництва.

Викиди у атмосферу містять пари медичних та допоміжних речовин, які виходять під час завантаження та розвантаження сировини у реактор. Під час санітарної підготовки виробництва може також виникати викиди парів та пилу від мийних та дезінфікуючих засобів.

Важливим кроком у контролі за станом повітря є збір проб повітря для визначення вмісту мікродомішок та токсичних з'єднань. Результати аналізу втрачають достовірність, якщо підготовка та відбір проб проводяться неправильно. Тому велика увага приділяється правильній підготовці та відбору проб. Проби повітря слід збирати в місцях, де працівники постійно або періодично перебувають, з урахуванням характеру технологічного процесу, температурного режиму, кількості виділених хімічних речовин, їх фізико-хімічних властивостей, леткості та інших параметрів. При наявності в повітрі декількох речовин або багатокомпонентних сполук невідомого складу необхідно передбачально ідентифікувати склад суміші та зосередитися на найбільш небезпечних чи типових компонентах.

Контроль за дотриманням максимально допустимої разової концентрації (МДРК) здійснюється шляхом відбору проб повітря тривалістю 15 хвилин у будь-якій точці робочої зони. У випадку можливості відібрати кілька проб повітря, необхідно розрахувати середнє значення результатів.

Для екологізації виробництва потрібно виробляти екологічно безпечну продукцію, зменшуючи витрати природних ресурсів і утворюючи мінімальну кількість неутилізованих відходів. Це дозволить уникнути порушень природних екосистем та біосфери загалом.

Для запобігання таким ситуаціям слід встановлювати фільтрувальні установки у місцях відведення стічних вод та розробляти схеми замкненого циклу руху води, щоб використовувати її повторно, а не відводити постійно у водойми.

Основними джерелами шуму на підприємствах фармацевтичної промисловості є технологічне обладнання, енергетичне устаткування, системи вентиляції і кондиціонування. Для зменшення шуму потрібно провести розрахунки і вжити заходів згідно з вимогами відповідних стандартів.

Висновки

У магістерській роботі «Удосконалення процесу різання лікарської рослинної сировини та модернізація млина ножового типу продуктивністю 35 кг/год» було досліджено процес різання рослинної лікарської сировини, проведено аналіз наукових робіт, обладнання та патентів, а також розроблено вдосконалену експериментальну установку та відповідні методики досліджень.

Для аналізу процесу різання лікарської рослинної сировини було створено дослідну установку та розроблено відповідну методику, які є надійними та простими у використанні. Крім того, було проведено математичне моделювання руху ножа в продукті під час різання, що дозволило отримати математичну модель для визначення зусиль різання в залежності від швидкості ножа.

Пропонується удосконалення у вигляді заміни живильника на стрічковий конвеєр з направляючими, які спрямовують рослинну сировину безпосередньо на ніж. Це призвело до суттєвого покращення процесу завантаження та подачі сировини на різання, збільшення продуктивності обладнання та зменшення кількості відходів. Однак недоліком такого удосконалення є збільшення габаритів та маси обладнання, а також збільшення витрат електроенергії. Тим не менш, це удосконалення дозволяє покращити роботу обладнання для різання лікарської рослинної сировини, зменшити застійні зони та покращити якість продукту.

Список використаної літератури

1. Азаров Б.М., Назаров Н.И. Выбор метода изучения реологических характеристик / Б. М. Азаров, Н. И. Назаров // Реологические характеристики пищевых продуктов и полуфабрикатов. Обзор. – М.: ЦНИИТЭИпищепром. – 1971. – С. 3–8.
2. Александров А.В. Основы теории упругости и пластичности / А.В.Александров, В.Д. Потапов . – М.: Высшая школа, 1990. – 400 с.
3. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента в химической технологии. / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха. - К.: Вища школа, 1976. – 184 с.
4. Бремер Г.И. О терминологии теории резания лезвием / Г.И. Бремер // Труды ВСХИЗО. – 1962. Вып. 12. - С. 7 -12.
5. Воларович М.П. О применении методов реологии в пищевой промышленности / М. П. Воларович. - М.: Пищепромиздат, 1954. - 264 с.
6. Горбатов А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А. В.Горбатов. - М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982.- 296 с.
7. Гуськов К. П. Реология пищевых масс / К. П. Гуськов, Ю.А. Мачихин, С. А. Мачихин, Л.Н. Лунин. - М.: Пищевая промышленность, 1970. - 207 с.
8. Гуць В.С. Експериментально-аналітичний метод визначення адгезії харчових продуктів / В. С. Гуць, О. А. Коваль // Наукові праці НУХТ. - 2006. - N 18.
9. Гуць В.С. Прикладна реологія та інтенсифікація процесів харчових виробництв: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.18.12 „Процеси та обл. харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв”. / В. С. Гуць. - К., 1999. - 36 с.
10. Даурский А.Н. Резание пищевых продуктов. / А. Н. Даурский, С. А. Мачихин. – М.: Пищевая промышленность, 1983. – 240 с.
11. Дубовик В. П. Вища математика: навч. посібник. / В. П. Дубовик, І. І. Юрик. К.: А.С.К., 2005. – 648 с.

12. Дурений А. Н. Математическая многофакторная модель процесса резания / А. Н. Дурений, Г. К. Берман, Ю. А. Мачихин // Хлебопекарская и кондитерская промышленность. - 1975. - №2. С. 21.
13. Желиговский В.А. Экспериментальная теория резания лезвием / В.А. Желиговский // Труды МИМЭСХ. - 1940. - Вып. 9. С. 27.
14. Кириллов А. Я. Исследование рабочих процессов овощерезательных машин предприятий общественного питания: автореф. дисс. на соиск. науч. степени канд. техн.наук. / А. Я. Кириллов. - М., 1966. - 16 с.
15. Клименко М.Н. Резание пищевых продуктов лезвием / М. Н. Клименко, П. Н. Семёнов, И. Н. Лебедев // Известия вузов СССР: Пищевая технология. К., 1977. - №3. С. 90-93.
16. Кузнецов В.Д. Избранные труды: физика резания и трения металлов и кристаллов / В.Д. Кузнецов. - М.: Наука, 1977, №7, с.28-30.
17. Кулен Р.В. Математическое программирование с элементами информационных технологий / Р.В. Кулен, Е.А. Юнькова, А.Б.Жальцов. – К.: МАУП, 2000. – 124 с
18. Лебедев И.Н. Исследование вибрационного резания пищевых продуктов с целью интенсификации процесса и улучшения его качества: автореф. дисс. на соиск. науч. степени канд. техн.наук: спец. 05.02.14 / И.Н.Лебедев. - К., 1981. - 23 с.
19. Мачихин Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
20. Мачихин С. А. Прибор для изучения под давлением реологических свойств жидких пищевых масс / С. А. Мачихин, В. В. Димитриев // Хлебопекарская и кондитерская. промышленность. - 1976. №11, С. 33.
21. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн.1 / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др. [Под ред. В.А. Панфилова]. – М.: Высшая школа, 2001. - 436 с.

22. Морозов Н.В. Коэффициент полезного действия ножа овощерезательных машин / Н.В. Морозов, А.Д. Панин // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1971. - № 2. - с. 24-25.
23. Морозов Н. В. Удельное сопротивление резанию плодов и овощей / Н.В. Морозов, А.Д. Панин // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1970, № 12. с. 25-27.
24. Николаев Б.А. Измерение структурно-механических свойств пищевых продуктов / Б.А. Николаев. - М.: Экономика, 1964. - 264 с.
25. Остапчук Н. В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств / Н. В. Остапчук. - К.: Выщапк., - 1991. - 367 с.
26. Панин А.Д. Исследование физико-механических характеристик плодовоовощного сырья с целью уточнения расчета резательных машин: автореф. дисс. на соиск. науч. степени канд. техн.наук / А.Д. Панин. - Одесса, 1971.
27. Патент 2168296RU, МПК А01F29/00. Измельчителькормов / А.С. Сафонов, В.И.Литвин, А.Ф.Мамедов; заявник Національний університет харчових технологій. – №u200701543; заявл. 10.06.2001; опубл. 10.06.2001. <https://www.freepatent.ru/patents/2168297>
28. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / За ред. проф. І. Ф. Малежика. – К.: НУХТ, 2003. - 400с.
29. Резник Н. Е. Некоторые вопросы теории резания лезвием / Н. Е. Резник // Труды ВИСХОМа. – 1967. Вып. 55. С. 151-220.
30. Резник Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н. Е. Резник. - М.: Машиностроение, 1975. - 311с.
31. Руденко В.И. Исследования вибрационного резания пищевых корнеплодов и разработка новых Эффективных резок для пищевой промышленности: автореф. дисс. на соиск. науч. степени канд. техн.наук / В.И. Руденко. - К., 1971, 26 с.
32. Сизов О.А. Исследование процессов взаимодействия лезвия лезвия сельскохозяйственных ножей с разрезаемым материалом: автореф. дисс. на соиск. науч. степени канд. техн. наук / О.А. Сизов. - М., 1971, 26с

33. Соколов А. Я., Сурашов А. А., Хроменков В. М. Резание ржаного хлеба при производстве сухарей / А. Я. Соколов, А. А. Сурашов, В. М. Хроменков // Хлебопекарская и кондитерская. промышленность. - 1978. - № 6. - С. 30.
34. Теличкун В.І. Вплив структурно-механічних властивостей хліба на процес його різання / В.І. Теличкун, О.О. Губеня // Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи: ІХ Міжнар. наук.-техн. конф.: тези доп. – К.: НУХТ, 2005. – С.27-28.
35. Теличкун В.І. Дослідження процесу різання хлібобулочних виробів / В.І.Теличкун, Ю.С.Теличкун, О.О.Губеня // - Вісник ХНТУСГ. Випуск 38. - 2005. - С.76-83.
36. NehruChevanan, A.R. Womas, VenkataS.P. Bitra, C. Igathinathane, YuechuanT. Yang. Bulk density and compaction behavior of knife mill chopped switchgrass, wheat straw, and corn stover / N.Chevanan. - Pages 207–214
37. Gupta N. K. Moglichkeiten zur Gestaltung des Schneidprozesses für die Herstellung von Schnittbrot aus ofenfrischem Brot / N. K. Gupta, H. D. Tscheuschner // Backer und Konditor. - 1976. - № 10. - С. 300-302.
38. James G. Brennan. Food Processing Handbook / James G. Brennan. - Wiley-VCH, 2006. - 607 p.
39. James F. Steffe. Rheological Methods in Food Process Engineering. Second Edition/ James F. Steffe. - East Lansing: Freeman Press, 1996. – 418 p.
40. Martens Russwurm. Food Research and Data Analysis / Russwurm Martens. - London, 1982. - 324 p.
41. C.T. McCarthy, M.D. Gilchrist, M. Hussey. On the sharpness of straight edge blades in cutting soft solids/ C.T. McCarthy/ - School of Electrical, University College Dublin, Dublin – Ireland.
42. M.J. O'dogherty, G.E. Gale. Laboratory studies of the effect of blade parameters and stem configuration on the dynamics of cutting grass/ M.J. O'dogherty/ - Agriculture and Food Research Council Institute of Engineering Research, Bedford – UK, Pages 99–111.

43. A.R. Womac, C. Igathinathane, S. Sokhansanj. Corn stalk orientation effect on mechanical cutting/ A.R. Womac/ - Department of Agricultural and Biosystems Engineering, North Dakota State University- USA/
44. Patent № US 4545539, Int. CI. B02C13/02. Cutting mill for the comminution of synthetic material bodies such as runner, injection moulding parts, blown moulding parts and the like / Bjarne T. Steffensen (USA); Date of patent 24.05.1984. <https://patents.justia.com/patent/4545539>
45. Patent № US 4706899, Int. CI. B02C18/06. Granulator with cutting tongue rotor knife / Frank Parker, Leslie M.Parker (USA); Date of patent 17.12.1987. <https://patents.justia.com/patent/4706899>