

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

### Розробка пристрою для подрібнення відходів виробництв легкої промисловості

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Шифр, назва

Освітня програма «Робототехнічні та мехатронні системи галузі»

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 4 курсу  
група РМ-20-1

  
Підпис

В.В. Шум  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

Т.П. Романець  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.І. Пухович  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

проф. О.С. Поліщук  
Ініціали, прізвище

12 06 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Шифр і назва

Освітня програма Робототехнічні та мехатронні системи галузі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

12.06.2024

ЗАВДАННЯ  
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Шум Вадим Васильович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка пристрою для подрібнення відходів виробництв легкої промисловості

керівник роботи Романець Тарас Петрович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 12.06.2024

3. Вихідні дані до роботи характеристики відходів виробництва та вимоги до їх повторного використання

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

Вступ. 1. Аналіз відходів легкої промисловості і обладнання для їх подрібнення 2. Проектування пристрою для подрібнення відходів легкої промисловості 3. Розробка конструкції пристрою для подрібнення відходів легкої промисловості. Висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Пристрої для подрібнення відходів Документ оглядовий (ДО, А1). 2. Алгоритм проектування пристрою для подрібнення відходів (РР, А1). 3. Зміна тиску і питомої сили тертя при транспортуванні матеріалу робочими органами пристрою (ДТ, А1). 4. Пристрій для подрібнення відходів. Складальне креслення (СК, А1). 5. Пристрій для подрібнення відходів. Схема електрична принципова (ЕЗ, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Аналіз відходів легкої промисловості і обладнання для їх подрібнення		
2. Проектування пристрою для подрібнення відходів легкої промисловості		
3. Розробка конструкції пристрою для подрібнення відходів легкої промисловості		
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу		

Студент

Керівник роботи

Підпис

Підпис

В.В. Шум

Ініціали, прізвище

Т.П. Романець


Ініціали, прізвище

## АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Шум Вадим Васильович
2. Тема бакалаврської роботи Розробка пристрою для подрібнення відходів виробництв легкої промисловості
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента Муса В.В., к.т.н.
4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 71

5. Сьогодні у всьому світі гостро стоїть проблема утилізації та переробки відходів виробництва. Причому проблема відходів має не тільки економічне і соціальне, але й екологічне значення. Найбільш важливим питанням переробки відходів шляхом подрібнення є вибір способу подрібнення та устаткування для його реалізації. Виходячи з вимог, які пред'являються до подрібнюючого устаткування необхідно враховувати його економічність і доцільність використання для конкретного випадку. Створення високо-ефективних механічних пристроїв для подрібнення, які б максимально враховували особливості фізико-механічних властивостей матеріалів, що подрібнюються, є актуальною задачею. В роботі розроблено конструкцію пристрою для подрібнення відходів виробництв легкої промисловості. Проаналізовано технології та обладнання для подрібнення відходів. На основі цього в якості прототипу вибрано черв'ячний пристрій, як найбільш економічний та ефективний. Розглянуто структурну схему обладнання для подрібнення відходів легкої промисловості. Запропоновано компоновання конструкції з використанням електромеханічного приводу. Обґрунтовано продуктивність пристрою для подрібнення відходів. Виконано синтез його структури і компоновання конструкції. Виконано розрахунки головних технологічних параметрів і конструктивних елементів. А саме: визначення потужності, що затрачується на подрібнення, розрахунок приводного вала пристрою, розрахунок клинопасової передачі.

Підпис студента 

" 12 " 06 20 24 р.

### РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1 від "26" 06 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК добре /с  
Рекомендації ЕК -





Особливі відмітки -

Технічний секретар Бурлак А.В.

" 26 " 06 20 24 р.

## Зміст

	с.
Вступ.....	6
1 Аналіз відходів легкої промисловості і обладнання для їх подрібнення .....	8
1.1 Класифікація відходів легкої промисловості .....	8
1.2 Відходи взуттєвого виробництва .....	12
1.3 Обладнання для переробки відходів .....	21
Висновки до першого розділу	37
2 Проектування пристрою для подрібнення відходів легкої промисловості .....	38
2.1 Вибір структурної схеми обладнання для подрібнення відходів легкої промисловості .....	38
2.2 Визначення стадійності процесу подрібнення і вибір виду обладнання для його реалізації .....	39
2.3 Подрібнення відходів у пристрої черв'ячного типу .....	39
2.4 Продуктивність пристрою для подрібнення відходів .....	43
2.5 Потужність приводу пристрою для подрібнення відходів .....	44
2.6 Синтез структури і компоновання конструкції .....	46
Висновки до другого розділу .....	47
3 Розробка конструкції пристрою для подрібнення відходів легкої промисловості .....	48
3.1 Опис запропонованої конструкції і компоновки вузлів .....	48
3.2 Розрахунок електроприводу пристрою .....	49
3.3 Попередній розрахунок валів .....	54
3.4 Уточнений розрахунок вала .....	55
3.5 Перевірка довговічності підшипників .....	58

<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав	Шум			
Перевір.	Романець			
І.контр.				
Затвер.	Поліщук			
Розробка пристрою для подрібнення відходів виробництв легкої промисловості			Літера	Аркуш
			б	4
			Аркшів	
			71	
ХНУ, гр.РМ-20-1				

3.6	Вибір мастила редуктора .....	61
3.7	Розрахунок клинопасової передачі .....	63
	Висновки до третього розділу .....	67
	Висновки.....	68
	Перелік джерел посилань .....	69
	Додатки .....	72

## ВСТУП

Сьогодні проблема переробки та вторинного використання промислових відходів стоїть гостро в усьому світі. Крім того, проблема відходів важлива не тільки економічно і соціально, а й екологічно, оскільки недосконалі технології утилізації практично всіх відходів призводять до забруднення навколишнього середовища. Наприклад, каучук та інші полімери навіть не піддаються природному процесу розкладання, а при спалюванні їх відходів відбувається забруднення атмосфери.[1, 5, 10, 13].

Останнім часом вироби з полімерних матеріалів використовуються у всіх галузях промисловості. Полімерні деталі також широко використовуються в легкій промисловості (аксесуари, каблучки, підшви, колодки для взуття і т.д.). Деталі з термостійких матеріалів виготовляються методом пресування або лиття під тиском, а відходи, що утворюються в невеликих кількостях, можуть бути легко перероблені аналогічним чином. Гумові деталі виготовляються шляхом вулканізації в прес-формах або різання листових заготовок. У будь-якому випадку утворюється велика кількість відходів вулканізованої гуми, подальше використання яких дуже утруднено.

Велика частина таких відходів підприємств легкої промисловості не використовується і спалюється. Однак відомі способи переробки гумових відходів в різні продукти.

Найбільш важливим питанням переробки відходів шляхом подрібнення є вибір методів подрібнення та обладнання для їх здійснення. Виходячи з вимог, що пред'являються до измельчающому обладнанню, необхідно враховувати його економічну ефективність і зручність використання в певних випадках. Тому у великомасштабному виробництві, такому як шинна промисловість, вигідно використовувати високопродуктивні і великогабаритні верстати, а на підприємствах легкої промисловості з відносно невеликою кількістю відходів рекомендується використовувати малогабаритне обладнання.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

На підприємствах легкої та хімічної промисловості процес подрібнення в основному здійснюється механічним обладнанням, в якому матеріал ріжеться, зношується і подрібнюється. Використовувані для цього пристрою, як правило, відрізняються високою енергоємністю процесу подрібнення, високим рівнем шуму при роботі. Крім того, часто не враховуються особливості фізико-механічних властивостей подрібнюваного матеріалу.

Створення високопродуктивних шліфувальних машин і обладнання, максимально враховують особливості фізико-механічних властивостей подрібнюваного матеріалу, є актуальним завданням для багатьох галузей промисловості.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ВІДХОДІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЇХ ПОДРІБНЕННЯ

В процесі виробництва продукції легкої промисловості утворюється велика кількість відходів, які негативно впливають на навколишнє середовище і здоров'я людини. Варіанти поводження з відходами часто обмежуються спалюванням або похованням. Зокрема, необроблені або неправильно утилізовані відходи легкої промисловості можуть призвести до забруднення навколишнього середовища. Крім того, неефективна утилізація відходів може призвести до втрати цінних ресурсів та збільшення витрат на переробку та очищення навколишнього середовища від шкідливих речовин [5]. Це вказує на необхідність термінового переходу до вторинної переробки матеріалів для запобігання подальшого забруднення навколишнього середовища. Тому, крім проблеми модернізації обладнання для виробництва конкурентоспроможної продукції, існує проблема утилізації та повторного використання відходів як вторинного ресурсу для виробництва нових продуктів [10].

Основними цілями управління відходами в легкій промисловості є мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище, створення стійкої та ефективною системи переробки відходів, а також повторне використання композицій, отриманих в процесі переробки, для виготовлення нових деталей одягу та взуття. Це зменшить потребу у використанні нових природних ресурсів, енергії для виробництва і, в першу чергу, скоротить кількість відходів легкої промисловості.

## 1.1 Класифікація відходів легкої промисловості

Як відомо, Легка промисловість охоплює такі галузі, як текстильна, взуттєва та шкіряна, що спеціалізуються на виробництві одягу, взуття, аксесуарів та Текстилю [1]. І кожна з цих галузей на всіх етапах виробництва має значну кіль-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

кість відходів. Тип відходів, що утворюються, а також їх кількість залежать від виду сировини, технології, стадії переробки, призначення кінцевого продукту і т. д.

Для детального аналізу і розробки технологій переробки відходів була запропонована загальна класифікація відходів легкої промисловості (рис. 1). 1.1).

Відходи легкої промисловості складають досить значну частину всіх твердих відходів. Частка Текстилю в складі твердих побутових відходів становить 4,6-5,4%. Ще більшу частку становлять відходи самої текстильної промисловості та інших галузей промисловості. Це становить 25% всіх перероблюваних відходів у світі. Це величезні запаси, які можуть бути використані для виробництва різних продуктів.



Рисунок 1.1 - Загальна класифікація відходів легкої промисловості

В даний час текстильна промисловість в основному базується на синтетичних матеріалах. Технологія переробки відходів цих матеріалів полягає в наступному:

На всіх підприємствах легкої промисловості використовується обладнання, що включає в себе гумові вироби, які після закінчення терміну служби підлягають утилізації.

Залежно від кількості сірки, що вводиться при вулканізації, каучук можна розділити на м'який (2-8% сірки), напівм'який (8-12%), напівтвердий (12-20%) і твердий (25-30%).

Відходи гумових виробів, такі як пластмаси, утворюються в основному в 4 областях: виробництво первинних полімерів; виробництво гумових виробів; промислове споживання; побутове використання.

Більшість гумових виробів використовуються в технічному оснащенні і автомобільних перевезеннях підприємств легкої промисловості та інших галузей промислового виробництва. Найбільш важливими видами гумотехнічних виробів є автомобільні шини, конвеєрні стрічки, приводні ремені, різні деталі тертя, підлогові і покрівельні покриття, прогумовані тканини, підкладки і гідроізоляційні матеріали.

Відходи гумотехнічних виробів поділяються на невулканізаційні і Вулканізаційні. Перші можуть бути повернуті в первинне виробництво, в той час як другі піддаються механічній або хімічній обробці. Вторинна Механічна обробка дозволяє отримувати безліч цінних виробів і матеріалів, таких як плити перекриття, шифер, антивібраційні, гідравлічні та Електроізоляційні прокладки, блоки для огороження дамб, причалів, хвилерізів, протизсувних огорож і т. д. Крім того, з відходів вулканізованої гуми можуть бути отримані нові полімерні вироби легкої промисловості, наприклад, наповнювачі для підшав.

Виробництво пластмас в світі збільшується кожні 5 років в 2 рази, але час для збільшення виробництва інших матеріалів в 2 рази становить 10, 15 або навіть 20 років. Таким чином, катастрофічне зростання обсягу твердих побутових відходів в розвинених країнах, незважаючи на всі зусилля, не скорочує виробництво більш ніж на 1%: в США – на 6 млн тонн, в Японії – на 4 млн тонн, в Німеччині – на 1,5 млн тонн, у Великобританії – на 1 млн.тонн, в інших країнах - 0,5 млн тонн. –

В цілому, пластикові відходи чітко діляться на 4 типи. Відходи виробництва; вторинна переробка; Промислове та побутове споживання.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Частка різних видів в загальному обсязі з кожним роком збільшується. Основна проблема полягає в тому, що чим глибше ступінь переробки, тим складніше процес переробки. Виправдано говорити про якість відходів з точки зору можливості їх утилізації, і з цієї точки зору слід визнати, що пластикові відходи є найскладнішими. Тому на сьогоднішній день розробляються 2 ТЕХНІЧНИХ напрямки, покликаних вирішити проблему відходів полімерних матеріалів - вдосконалення технології.:

- Виробництво та переробка пластмас для мінімізації відходів;
- Переробка відходів полімерних матеріалів.

1. Технологія переробки полімерних відходів має один складний аспект, пов'язаний з операцією, яка передує подальшому процесу переробки. Йдеться про подрібнення відходів, але складність полягає в тому, що полімерні матеріали - це переважно в'язкі, в'язкопружні та пластичні, м'які, пінисті, волокнисті або плівкові матеріали.

Наприклад, індивідуальні (гомогенні) відходи термопластичних полімерів переробляються на стандартному обладнанні в продукти менш відповідального призначення. Колективні відходи піддаються гідроекструзії (видавлювання через вузькі отвори), при якій спостерігається саморегулювання в'язкісних характеристик окремих видів полімерів.

Також використовується двоканальна гідроекструзія, при якій внутрішній шар полімеру являє собою відходи, а тонкий зовнішній шар формується з первинного високоякісного полімерного матеріалу. Значна частина відходів полімерного пластику переробляється в пінопластові вироби, для спінювання яких використовується суміш карбонату і лимонної кислоти. Загалом, слід зазначити, що механічні властивості вторинних продуктів, як правило, гірші, ніж у первинних, але завдяки покращенню екологічних показників, дешевизні сировини, простоті технології та енергозбереженню економічний ефект від переробки все ще дуже високий. Крім того, завдяки низькій вартості вторинних матеріалів, їх

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

можна використовувати для виготовлення ємностей для будівельних матеріалів, закритих контейнерів і поховання токсичних речовин.

Дана робота стосується особливостей переробки полімерних відходів, що утворюються в процесі виробництва, для повторного використання у виробах легкої промисловості. Тому ми розглянемо більш детально відходи виробництва взуття.

## 1.2 Відходи взуттєвого виробництва

Сучасні тенденції розвитку індустрії моди дуже динамічні і мінливі. Щоб задовольняти потреби покупців і залишатися конкурентоспроможними на світовому ринку, виробникам необхідно швидко адаптуватися до змін і відповідати новим споживчим перевагам. Взуттєва промисловість-одна з найбільших галузей, що виробляють споживчі товари. При виробництві використовуються різні матеріали: Шкіра, синтетичні матеріали, текстиль і гума. Масове виробництво взуття призводить до збільшення відходів, і споживачі частіше купують нове взуття. В результаті це призводить до скорочення життєвого циклу використання і терміну його служби [7].

Взуттєва промисловість виробляє велику кількість відходів у вигляді твердих частинок при виробництві взуття та у вигляді осаду, що утворюється при очищенні стічних вод шкіряних заводів, що призводить до серйозного забруднення навколишнього середовища. Крім того, на цих підприємствах виділяються гази і неприємні запахи, які негативно впливають на атмосферу. Тут утворюється велика кількість відходів, переважно у взуттєвій та шкіряній промисловості. Загальна кількість цих відходів залежить від конкретних виробничих процесів та методів поводження з відходами в цій галузі. Найбільша кількість відходів, тобто близько 60-65%, припадає на шкіру, яка використовується при виробництві взуття. При переробці шкур тварин для отримання шкіри в шкіряній промисловості утворюється більше твердих відходів, ніж при виробництві осно-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

вних шкіргалантерейних виробів. Крім того, відходи шкіряної промисловості, такі як обрізки шкіри, залишки шкіри та інші матеріали, можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище при неправильному використанні або обробці [11]. Ці відходи важко утилізувати, а їх неконтрольоване зберігання може призвести до забруднення ґрунту та джерел води. Крім того, в деяких процесах обробки шкіри можуть використовуватися хімічні речовини, які при неправильній утилізації можуть бути знищені в природі і завдати шкоди екосистемі.

Забруднення навколишнього середовища, викликане неефективною утилізацією цих твердих відходів (шляхом спалювання та захоронення), перешкоджає сталому розвитку галузі. Тому важливо, щоб альтернативні технологічні рішення, що дозволяють використовувати цінність цих відходів, відповідали принципам економіки замкнутого циклу.

Сучасна реальність така, що щорічно у всьому світі виробляється понад 210 мільярдів пар взуття. Значна частина цих відходів припадає на вживане взуття, і більша частина з них викидається на звалища після завершення робіт. У цьому контексті обговорюється ієрархія поводження з відходами, а також можливість їх зменшення, повторного використання та переробки у виробництві взуття та шкіряної промисловості.

За останні 20 років взуттєва промисловість доклала значних зусиль не тільки для підвищення ефективності виробництва, але і для відмови від використання шкідливих речовин на стадії виробництва. Однак екологічні досягнення, досягнуті у виробництві, зводять нанівець негативний вплив значного збільшення попиту на взуттєву продукцію. Багато брендів працюють над покращенням виробництва за рахунок використання відновлюваних матеріалів та зменшення викидів CO<sub>2</sub> та впливу на водні ресурси. Крім того, деякі компанії активно впроваджують переробку відходів, щоб скоротити кількість відходів.

Відходи, що утворюються при виробництві взуття, можуть бути різних типів і форм, в залежності від особливостей виробництва і використовуваних матеріалів.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

При виробництві шкіряного взуття утворюються залишки шкіри, обрізки та інші відходи, які є результатом різання і обробки шкіри, які можуть бути використані для виготовлення різного взуття і шкіряних виробів (гаманців, портмоне, футлярів, сумок і т.д.). Форма натуральної шкіри має досить нестандартну конфігурацію, а також анізотропні властивості всієї шкіри, які впливають на розташування розкроюваних деталей, тому велика частина відходів шкіри утворюється в процесі розкрою натуральних матеріалів. Все це впливає на утворення значних відходів між шаблонами і між крайками, тому їх утворюється близько 20-25%. Залежно від цього дані відходи можна розділити на 2 основні групи: однорідні і змішані.

Однорідні відходи-це відходи того ж типу, які утворюються при обробці шкіри та шкіряних матеріалів. Сюди входять обрізки (відходи при різанні і обробці шкіри) і стружка (для додання однорідності відходів при обробці шкіри і шліфовці).

Змішані відходи - у цю групу входять відходи, що утворюються в процесі обробки шкіри, яка надає їй естетичний зовнішній вигляд і необхідні фізичні і механічні властивості. Ці відходи часто містять хімічні речовини, які можуть виділятися в навколишнє середовище під час переробки та утилізації, що може становити серйозну загрозу для навколишнього середовища. Крім того, неправильне поводження з цими відходами може призвести до забруднення повітря, води та ґрунту.

Залишки шкіри включають шматки шкіри, які не можна використовувати для виготовлення взуття через місцевість, форму, розмір або пошкодження. Дефекти натуральної шкіри, такі як, наприклад, здуття, зроговіння, нариви, подряпини, вошивість, еластичність, пористість, зморшки, потертості, знеособлені і молочні лінії, роблять її непридатною для подальшого використання в певних формах [5].

Індустрія моди виробляє 9 200 мільйонів тонн текстильних відходів на рік. З 2000 року кількість взуттєвих виробів, в яких використовуються текстильні

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

компоненти, подвоїлася. Текстильні відходи при виробництві взуття утворюються на різних етапах виробництва: обрізки при розкрої тканини, відходи при пошитті, браковані та пошкоджені вироби.

Штучний матеріал для виготовлення халяв взуття користується популярністю у взуттєвій промисловості. Ці матеріали виготовляються шляхом комбінування різних синтетичних волокон або полімерів, що дозволяє отримати різні текстури, кольори та властивості. Вони володіють такими перевагами, як довговічність, водостійкість і можливість дизайнерської обробки[9]. Більшість видів штучної шкіри складається з основи, просочувального складу і покриття. Основа і покриття можуть бути одношаровими або багатшаровими. Властивості штучної шкіри визначаються типом підкладки, типом і товщиною полімерного покриття і способом його нанесення [10]. Більшість видів штучної шкіри має тканинну основу.

Основні види відходів при використанні штучної шкіри та шкірозамінника:

- Обрізки: в процесі розкрою і обробки штучної шкіри утворюються обрізки і відходи, які можуть бути непридатні для подальшого використання або мати неправильну форму.;

- Краплі: під час складання виробу можуть утворюватися краплі обрізків матеріалу, обсипатися краю і т. д.;

- Пошкодження покриття: розтріскування захисної плівки, відшаровування, липкість, нестійкість покриття матеріалу.

Для виготовлення деталей низу взуття використовуються різні матеріали, в залежності від мети носіння і пори року. Вибір матеріалу залежить від конкретного дизайну і функціональних вимог взуття. Більшість виробників взуття мають власні технічні характеристики та матеріали, з яких виготовляється взуття. Зокрема, часто використовується гума, оскільки це досить технологічний і економічний матеріал. Обробка матеріалів, виготовлення деталей характеризується більш високою продуктивністю праці, можливістю повної механізації і часткової автоматизації виробничого процесу.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Каучук-це вулканізований каучук, який містить різні добавки, що надають виробу певні властивості. До складів відносяться: вулканізуючі агенти, прискорювачі, активатори, регенеруючі антиоксиданти, пороутворювачі, наповнювачі, пластифікатори, пігменти і фарби і т.д. [5]. Виробництво гуми для взуття може призвести до утворення відходів і мати значний вплив на навколишнє середовище. Відходи виробництва гуми можуть бути різних типів і можуть надходити з різних стадій виробництва. Найбільш поширені відходи:

- Із сировини: при переробці гумових підошов або інших гумових деталей взуття може утворитися значна кількість відходів. Вони можуть бути використані в якості вторинної сировини або перероблені для виробництва інших гумових виробів;

- З календаря: включає різні матеріали і відходи, що утворюються в процесі календарного виробництва. Каландрування-це механічний процес обробки матеріалу, при якому певний матеріал проходить через каландруючий вал або ролик для зміни його форми або товщини. Відходи каландрової обробки включають брухт, пил і стружку;

- Від вулканізації: Вулканізація, яка забезпечує еластичність і міцність гуми, також може супроводжуватися відходами у вигляді залишків вулканізації;

- Від формування і різання: при формуванні готових виробів і різанні з гуми також утворюються відходи у вигляді обрізків і стружки;

- Продукти, що не підлягають вторинній переробці: продукти можуть бути викинуті через виробничі дефекти.

Продукція легкої промисловості-це товари народного споживання. Залежно від призначення до продукції легкої промисловості пред'являються різні вимоги. Наприклад, до жіночих сумок головною вимогою є естетичне відповідність характеристикам, зовнішнім виглядом і соціальним статусом споживача. Основними вимогами, що пред'являються до господарських сумок, є простота форми, надійна фіксація ручки і гладкість матеріалу. Спортивні сумки повинні, перш за

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

все, відповідати вимогам ергономіки, забезпечувати зручність використання, а зовнішній вигляд виробу повинен відповідати спортивному стилю [9].

Споживчі характеристики товару проявляються в процесі його споживання і впливають на вибір споживачем конкретної моделі. Наприклад, споживчі характеристики валіз визначаються дизайном і матеріалами (характеристиками і технологією їх обробки). Споживчі характеристики всіх виробів легкої промисловості включають в себе такі характеристики, як ергономічність, естетичність і довговічність. У більшості виробів використовуються полімерні матеріали в якості основного матеріалу, фурнітури, швейних ниток і різних елементів оздоблення.

Полімерні матеріали найбільш широко використовуються для виготовлення різних видів товарів легкої промисловості (одяг, взуття, сумки, валізи, рукавички і т.д.)- це поверхні різних кольорів і фактур зі штучної шкіри, а також синтетичних матеріалів. Штучна шкіра при виготовленні виробів легкої промисловості має певні переваги перед натуральною. Вони дозволяють знизити вагу виробу. Здешевлюють виробничий процес. Урізноманітнюють зовнішній вигляд виробу за рахунок текстури, що імітує натуральну шкіру, і поліпшать його функціональні характеристики.

Такі фізико-механічні властивості штучної шкіри, як міцність, подовження і т.д., багато в чому залежать від підкладки. Волокниста основа штучної шкіри- це різні неткані матеріали, використовувані для текстилю, трикотажу, паперу і в залежності від призначення виробу. Поліамід, Поліестер, поліакрилонітрил, скло і т.д. використовується в якості текстильного матеріалу для основи штучної шкіри.

Покриття зі штучної шкіри може бути нанесено або шляхом просочення волокнистої основи (через покриття), або шляхом нанесення полімеру на поверхню основи (поверхнєве покриття) також може бути використана комбінація цих методів. Основним компонентом штучної шкіри є плівкообразуюча полімерна композиція. У сучасному виробництві в якості плівкоутворювачів в осно-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

вному використовуються синтетичні полімерні сполуки: полівінілхлорид, поліуретан, синтетичний латекс на основі різних каучуків [20].

Штучна шкіра з покриттям з пористого полівінілхлориду (ПВХ) являє собою трикотажну, ткану або неткану основу з шаром пористого полівінілхлориду товщиною 0,5-0,7 мм або 0,10-0,15 мм. Непористе покриття з полівінілхлориду збільшує липкість і неприємний блиск, що пов'язано з виділенням найтоншого шару пластифікатора на поверхні плівки. Щоб усунути цей недолік, штучну шкіру покривають тонким шаром фінішного лаку на основі суміші полівінілхлориду і акрилової смоли, розчинених в органічному розчиннику, що робить полімерне покриття нелипким і на дотик схожим на натуральну шкіру. Сьогодні поліуретан є справжнім пленкообразующим речовиною при виробництві штучної шкіри.

Для виготовлення м'яких валіз на коліщатах зазвичай використовується поліестер або нейлон в якості основного матеріалу, а також пінополіуретан (надійний і еластичний матеріал) – при виготовленні корпусів валіз з термоформи для отримання щільно відформованих задньої і бічних стінок. При виготовленні валіз жорсткої конструкції широко використовуються багато інших полімерні матеріали, які забезпечують захист від деформації і легкість. Валіза з жорсткого пластика виготовляється з полікарбонату, поліпропілену і АБС-пластика.

Функціональність виробів легкої промисловості і їх придатність багато в чому визначаються якістю використовуваної фурнітури [7]. При виготовленні фурнітури використовуються фенопласти, поліетилен, поліамід, амінопласти, поліефір, полістирол, поліпропілен та інші пластмаси. Гума, поліуретан (PU), полівінілхлорид (PVC), термопластичний еластомер (TEP), етиленвінілацетат (EVA) - для формованих деталей підошов взуття; картон, термопластичні матеріали - для каркасних деталей [20]. Найбільш поширеним методом виготовлення підошов з полімерних матеріалів є лиття під тиском. Для виготовлення поліуретанових підошов використовується метод рідинного формування, а гумові підошви піддаються вулканізації.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Взуттєва гума являє собою полімерну основу (в основному синтетичний каучук: бутадієн-стирол SKS-10, SKS-30, SKS-50, SKS-85, бутадієн SKB, дивинил SKD, ізопрен SKI-3) і складну комбінацію різних домішок.

Пластифікатор ПВХ для ливарного виробництва являє собою композицію, що містить полівінілхлоридну смолу ПВХ з-63-м, ПВХ з-64-м, ПВХ з-65, ПВХ з-70-м, пластифікатори, стабілізатори і пігменти. Подошва з ПВХ виготовляється методом лиття під тиском. За структурою матеріалу вони можуть бути монолітними і пористими, монолітними (мікропористими) і в основному використовуються для взуття для ходьби і спортивного стилю.

Особливе місце в складі підошовних матеріалів займають термопластичні еластомери (ТЕП), які поєднують пружні властивості гуми з пластичними властивостями термопластів і широко використовуються у взуттєвій промисловості. Таке поєднання властивостей визначається структурою полімеру. В якості блоку, поєданого з блоком а, що має структуру: А–В–а (де А являє собою термопластичний блок (в основному кристалічна область полімеру) і в являє собою еластичний блок (в основному аморфна область полімеру)), полістирол, поліпропілен, поліметилметакрилат, полівінілхлорид і т. д.. використовувати. В якості блоку в-поліізопрен, полібутадієн, поліізобутилен. Полімерний матеріал етиленвінілацетат (Eva), що представляє собою сополімер етилену і вінілацетату [10], також широко використовується при виготовленні підошов для домашнього, пляжного і спортивного використання [5].

Поліуретан використовується для отримання зносостійких підошов, накладок і синтетичної шкіри для верху і підкладки взуття. Поліуретан являє собою ланцюжок полімерів з поліуретанових смол, які з'єднані між собою уретановими групами. Сьогодні існує широкий асортимент полімерних матеріалів для виготовлення виробів легкої промисловості. Призначення виробу визначається полімерним матеріалом, з якого воно виготовлено.

У виробництві взуття поліуретан є найбільш перспективним матеріалом, враховуючи високі показники його фізико-механічних властивостей, відповідає

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

як експлуатаційним, так і технічним вимогам, що пред'являються до виробів легкої промисловості, тобто підозві. Незважаючи на незаперечні переваги, ТЕП широко використовується на вітчизняному ринку, за своїми характеристиками незначно поступається ПУ, а за деякими показниками перевершує його. Таким чином, використання полімерних матеріалів дозволяє забезпечити необхідний комплекс експлуатаційних і технічних характеристик сучасної продукції легкої промисловості [12].

В останні роки активно розвиваються технології переробки відходів з термопластів і термопластопластичних матеріалів. Відходи з хімічно активних пластмас не деполімеризуються, іноді вони містять велику кількість наповнювача, що, звичайно, обумовлює певні вимоги до їх утилізації. Враховуючи властивості відходів термопластичних матеріалів, вони вважаються цінною сировиною [11].

Для різних типів реактопластів, особливо з огляду на те, що ці відходи є незворотними для шаруватих пластиків, кількість відходів на тону переробленого матеріалу становить від 5 до 25%. Деякі відходи реактопластів, що містять певну кількість термореактивних полімерів, використовуються в подрібненому вигляді в якості наповнювача в полімерній композиції.

Існуючі в даний час інженерно-технічні рішення, спрямовані на утилізацію реактопласта, можна розділити на наступні групи:

- 1) Використання подрібнених відходів при різних конфігураціях лиття під тиском;
- 2) Використання подрібнених відходів в спіненої композиції;
- 3) Використання подрібнених відходів зі стандартного прес-порошку;
- 4) Виробництво прес-композицій на основі відходів і різних сполучних;
- 5) формування суміші подрібнених відходів і будівельних матеріалів у виробках різної конфігурації;
- 6) розкладання твердих ненаповнених відходів виробництва термореактивного в'язучого на кінцеві компоненти.

### 1.3 Обладнання для переробки відходів

Безвідходне виробництво-головне завдання майбутнього технологічного розвитку, що дозволяє людству піднятися на новий щабель власного розвитку.

Переробка промислових відходів-досить перспективний спосіб придбання додаткових матеріальних ресурсів, зниження собівартості виробництва та економії коштів на утилізації відходів.

Оскільки кількість винайдених матеріалів продовжує зростати, попит на них зростає і, відповідно, їх не вистачає. Важливою перевагою більшості винайдених полімерів є можливість їх повторного використання. Полімери також мають особливість-вони можуть складатися з великої кількості наповнювачів або служити компонентами в іншій композиції.

Перероблені текстильні відходи, а також натуральна і штучна шкіра можуть служити наповнювачем для полімерів та інших композицій. Вони надають матеріалу більш високу в'язкість, іноді радикально змінюючи його властивості. Відходи виробництва бавовни служать матеріалом для виготовлення вати. Перероблені деревні відходи, такі як деревний порошок, широко використовуються в хімічній промисловості як домішка у виробництві клеїв, у тваринництві, виробництві кормів та як наповнювач для полімерів.

На сьогоднішній день існує велика кількість технологічного обладнання, що дозволяє отримувати сировину необхідного розміру і форми. Характерна конструкція пристрою показана на кресленні [BRMA24.00.00.000 к]. Широкий вибір обладнання дозволяє відповідно пред'являти різні вимоги. Це може бути якість обробки, ступінь дисперсності сировини, витрати енергії на обробку одиниці об'єму матеріалу і продуктивність обладнання. Для того щоб орієнтуватися у великій кількості обладнання і правильно вибирати його відповідно до початкових умов обробки, була розроблена класифікація всього існуючого обладнання відповідно до типовими характеристиками, властивими тій чи іншій групі

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

подрібнювачів. Основними характеристиками є тип подрібнюваного матеріалу, його початкова дисперсність, тип подрібнюючого органу і продуктивність.

Класифікація подрібнювачів починається, перш за все, з поділу всього обладнання за типом подрібнюючого (робочого) органу. Це пов'язано з тим, що це подрібнене тіло, основний елемент конструкції, від якого залежать тип матеріалу, що подрібнюється, його дисперсність, якість і продуктивність процесу переробки.

Все існуюче дробильне обладнання ділиться на 2 великі групи: подрібнювачі без дробить корпусу і подрібнювачі з дробить корпусом (рис. 1.2).

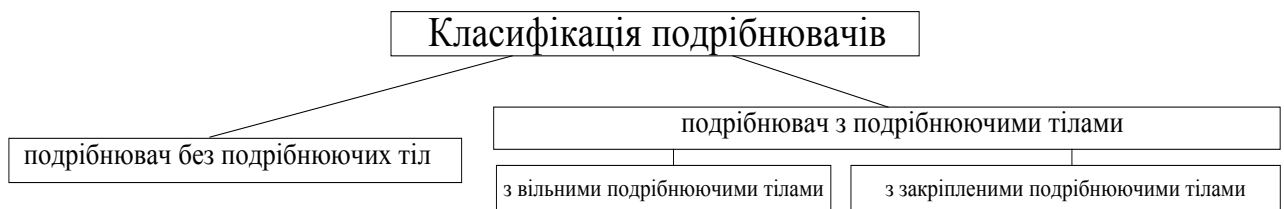


Рисунок 1.2 – Класифікація подрібнювачів

### 1.3.1 Подрібнювачі без подрібнюючих тіл

Подрібнювач без подрібнюючого корпусу має характерну конструкцію, в якій відсутній явно виражений подрібнюючий корпус. В якості робочого органу може виступати потік рідини, повітря та інші види енергії, тобто робочим органом в пристрої може бути будь-яка речовина, здатне передавати енергію.

Ця група подрібнювачів складається з декількох невеликих підгруп. До них відносяться струменеві, кавітаційні колоїдні та електрогідравлічні подрібнювачі.

### 1.3.2 Подрібнювачі з подрібнюючими тілами

Група подрібнювачів з мелючими тілами характеризується яскраво вираженим робочим органом. У такому пристрої робочий орган може бути різноманітним як по конфігурації, так і за призначенням.

Дана група подрібнювачів включає в себе 2 підгрупи, що розрізняються характером кріплення робочого органу: подрібнювачі з вільним мелючим органом і нерухомим мелючим органом.

### 1.3.3 Подрібнювачі з вільними подрібнюючими тілами

Ця група подрібнювачів не має міцного зв'язку з трансмісією. В якості робочого органу в такому пристрої можуть виступати елементи різної форми, наприклад, кульки з різних твердих матеріалів, ролики і т. д.

Ця група включає в себе 2 підгрупи: гравітаційний обертовий барабан і барабанний подрібнювач з високим прискоренням (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Подрібнювачі з вільними подрібнюючими тілами

### 1.3.4 Подрібнювачі з закріпленими подрібнюючими тілами

Подрібнювачі з подрібнюючими закріпленими тілами (рис. 1.4) є більш ефективними, ніж передня група обладнання.



ми корпусами велика частина енергії витрачалася на процес тертя і перемішування. Ефективність таких пристроїв більшою мірою визначається рушійною силою і робочим органом.

Існує безліч варіантів робочих органів. Така універсальність обумовлена широким спектром подрібнюваних матеріалів. Яке обладнання враховує фізико-механічні властивості матеріалу, динаміку взаємодії робочого органу з подрібнюваним матеріалом.

Як за складом, так і за способом подрібнення матеріалу використання різних робочих органів дозволяє отримувати досить широкий діапазон фракцій вихідного матеріалу.

### 1.3.5 Швидкісні роторні подрібнювачі

Роторний ножовий подрібнювач.

Переваги різання розширили область застосування ріжучого обладнання. Залежно від умов навантаження розділяється різання за допомогою контр-ножа (концентрована) і без контр-ножа (неконцентрована) [14].

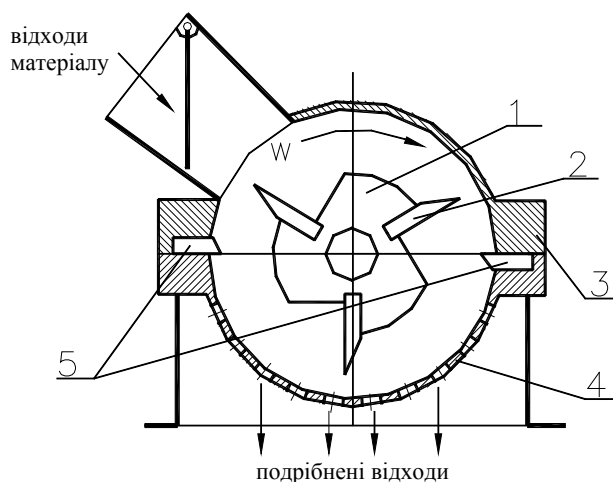
Неконцентроване різання використовується для розділення великих матеріалів на частини. Пристрій може бути виконаний у вигляді обертового багатопатевого ножа, або ніж є стаціонарним і нерухомим [15], а також обертового подрібнюваного матеріалу.

Концентрована різання використовується в роторно-ножовий м'ясорубці (рис. 1). На рис. 1.5) [16] ніж розташований як на роторі, так і на статорі.

Такий пристрій складається з ротора 1, роторного ножа 2, корпусу 3, решітки 4 і статорного ножа 5.

Процес подрібнення матеріалу починається з завантаження в бункер, з якого він надходить на ротор 1 і його ніж 2. Цей матеріал подрібнюється при взаємодії з ножем ротора 2 і фіксуєчим ножем статора 5. Після цього матеріал просвітається через решітку 4 і надходить в бункер готового продукту (не показаний).

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



1 – ротор; 2 – ніж ротора; 3 – корпус; 4 – решітка; 5 – ножі статора.

Рисунок 1.5 – Роторний ножовий подрібнювач

Роторний ножовий подрібнювач використовується для подрібнення паперу, еластичних матеріалів, пластичних матеріалів, ПВХ-матеріалів, волокнистих матеріалів, заморожених матеріалів [18].

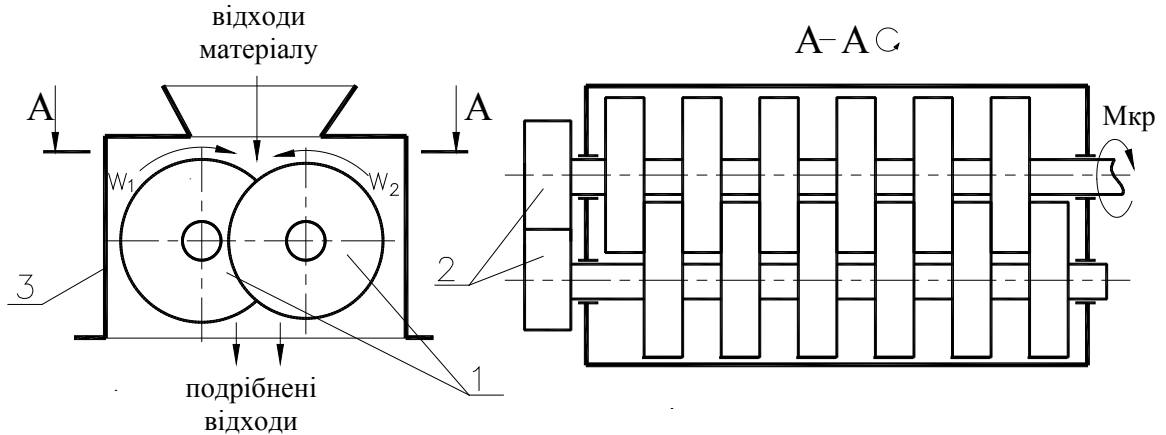
Цей тип подрібнювача може знайти застосування в хімічній, целюлозно-паперовій, харчовій, будівельній та легкій промисловості.

Подрібнювачі дуже широко використовуються у вищевказаних галузях промисловості, свідченням цього є наявність безлічі розробок і удосконалень таких подрібнювачів.

В цілому, цей тип обладнання дуже поширений. Завдяки низьким енерговитратам, пов'язаним з самим процесом подрібнення, пристрій є економічно вигідним. Таке обладнання вже використовується у вищезгаданих галузях промисловості. Результати випробувань непогані. Цей тип подрібнювача добре зарекомендував себе при переробці відходів легкої промисловості.

### 1.3.6 Дискові подрібнювачі

Для попереднього шліфування широко використовуються роликові верстати з набором дисків з різною конфігурацією ріжучих крайок (рис. 1). 1.6) [8] крім того, ріжучий елемент може кріпитися до поверхні диска (рис. 1). 1.7), що дозволяє збільшити ефективність подрібнення матеріалу підвищується за рахунок додатково розташованих ріжучих елементів



1 – диски; 2 – зубчата передача; 3 – корпус.

Рисунок 1.6 – Дисківий подрібнювач

Відома також конструкція подрібнювача з дисковим ножем (фіг. 1). 1.7, А, Б, В) має завантажувальну воронку, виконану безпосередньо в корпусі 2, в центрі якої розташований приводний диск з розташованим на його кінці радіальним ножем 4 і нерухомим переднім зустрічним ножем 5 і 6. Ріжуча кромка ножа виконана у вигляді прямокутної зубчастої Гребінки, розташованої таким чином, що виступи одного ножа можуть поміщатися в поглиблення іншого [19].

Подрібнений матеріал подається в завантажувальну воронку 1, з якої він надходить на поверхню переднього зустрічного ножа 5, і радіальний ніж 4 розрізає матеріал, який взаємодіє з кромкою ріжучої Гребінки зустрічного ножа 5. При подальшому обертанні диска 3 шматки подрібненого матеріалу переміщуються навколо диска 3 під дією відцентрової сили (рис. 3). 1.7, б, в) уздовж поверхні і виступів ножа 4 (рис. 1,7 г) і, крім того, буде подрібнений гребінчастим взаємодією ножа 4 і рейкового контрножа 6.

П шматки матеріалу, що переміщуються по поверхні ножа 4 (фіг. 1.7, в), переміщуються навколо диска 3 і додатково подрібнюються за рахунок взаємодії ріжучої кромки ножа 4 9 і додаткового радіального зустрічного ножа 7 ріжучої кромки 8.

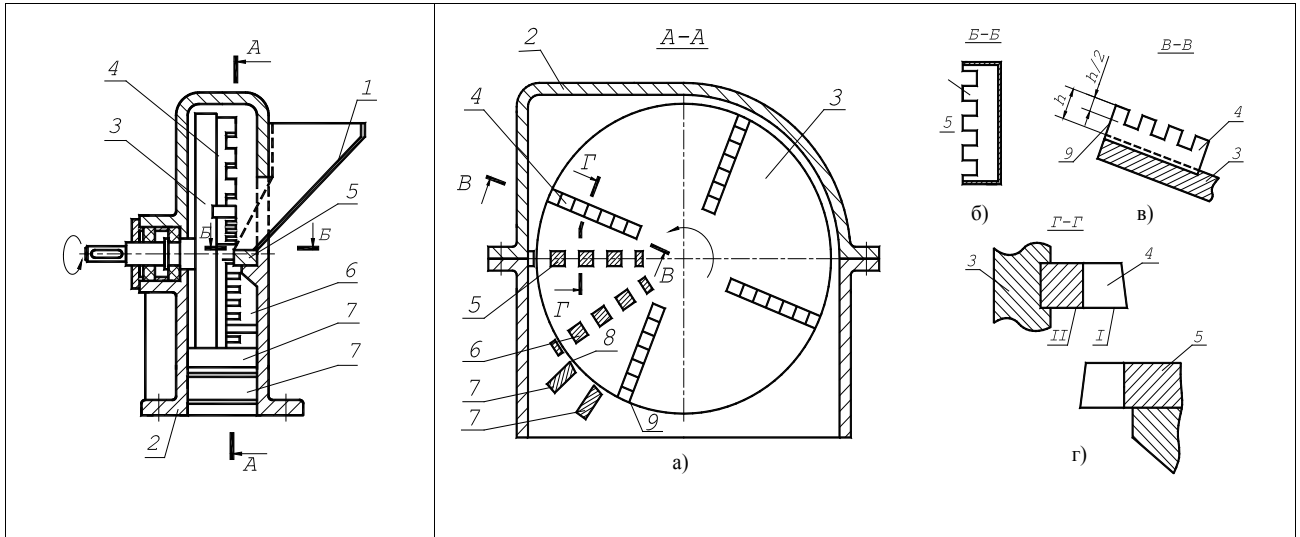


Рисунок 1.7 – Дісковий ножовий подрібнювач

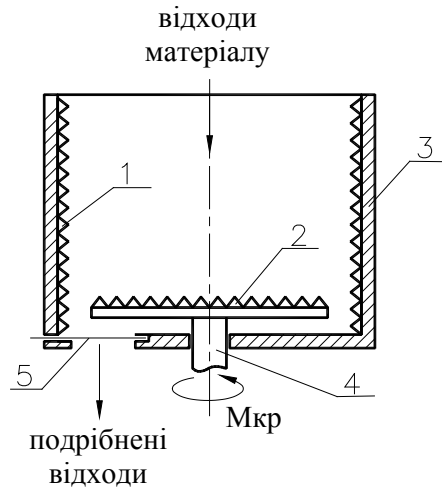
- Оскільки глибина поглиблення Гребінки 4 ножа дорівнює половині його загальної висоти, виходить шматок матеріалу того ж розміру.
- Така конструкція подрібнювача дозволяє отримувати продукти з більш досконалим подрібненням.
- Перевагами подрібнювачів цієї групи є::
  - - Пристрій досить простий у використанні та обслуговуванні;
  - - Використання обладнання дозволяє переробляти широкий спектр промислових відходів;
  - - Даний тип обладнання реалізує концентрований процес різання, який є найбільш економічним з точки зору енергоспоживання;
  - - Використання ріжучих елементів, які додатково розміщені на поверхні диска, дозволяє отримувати вихідний матеріал рівномірної дисперсності;
- Крім переваг пристрою, воно має і свої недоліки:
  - - В процесі використання пристрою спостерігається високий ступінь

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

зносу ріжучих органів.

### 1.3.7 Відцентрові подрібнювачі

Доведено, що для підтримки максимальної довжини волокна ефективні подрібнювачі, що використовують подрібнення волокнистих відходів (малюнок 1.8) [17] Таким є відцентровий подрібнювач.



1 – рифлі, розташовані на корпусі; 2 – рифлі, розташовані на роторі;  
3 – корпус; 4 – вал; 5 – заслінка.

Рисунок 1.8 – Відцентровий подрібнювач

Конструкція такого подрібнювача складається з рифлення 1 на корпусі, рифлення 2 на роторі, корпусу 3, вала 4 і заслінки 5.

Така конструкція дозволяє розривати волокнистий матеріал, що надходить в зону подрібнення, за рахунок того, що одна частина шматка матеріалу захоплюється рифленням, яке знаходиться на роторі, а інша - рифленням, яке знаходиться на корпусі.

Даний подрібнювач можна використовувати для подрібнення полімерних, еластичних, пружно-пластичних, зернистих матеріалів.

Процес подрібнення даного типу обладнання простий. Тільки в деяких конструкціях [9] матеріал вимагає попереднього подрібнення, але в більшості випадків такої необхідності немає. В інших випадках [9] конструкції, призначені для подрібнення пластмас з низькою температурою плавлення, повинні забезпечувати подачу холодного повітря в зону подрібнення для підтримки температури подрібнення, яка повинна бути нижче температури плавлення матеріалу.

Ступінь дисперсності порошку, що досягається при такому способі подрібнення, становить 0,6...5 мм

Цей тип обладнання дуже простий в обслуговуванні. Перевагами подрібнювачів цієї групи є::

- Простота конструкції;
- Простота обслуговування;
- Низькі енерговитрати.

Ці пристрої, поряд з їх перевагами, мають і недоліки:

- Відходи, що підлягають переробці, повинні бути однорідними (без інших матеріалів).;
- В результаті обробки отримані гранули мають нерівномірну дисперсію;
- Під час роботи необхідно охолоджувати робочу зону для отримання пластику з низькою температурою плавлення;
- У деяких випадках матеріал слід попередньо подрібнити.

Подібні недоліки обмежують можливості використання пристрою і не дозволяють розширити область застосування подібних пристроїв.

### 1.3.8 Молоткові подрібнювачі

У ударному подрібнювачі руйнування матеріалу здійснюється під впливом механічного впливу. Існує різниця між стиснутим ударом і вільним ударом. При ударі стисненням руйнування матеріалу відбувається між двома ударними поверхнями, і ефект руйнування залежить від маси тіла, з яким відбувається зіткнення, і швидкості удару. У разі сильного удару частинки матеріалу руйнуються в

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

польоті, коли вони стикаються з колайдером або один з одним, а сила, що виникає в результаті цього руйнування, визначається силою інерції самих частинок.

За конструкцією робочого органу ударні дробарки діляться на дробарки з відкидними молотками і з міцно закріпленими молотками.

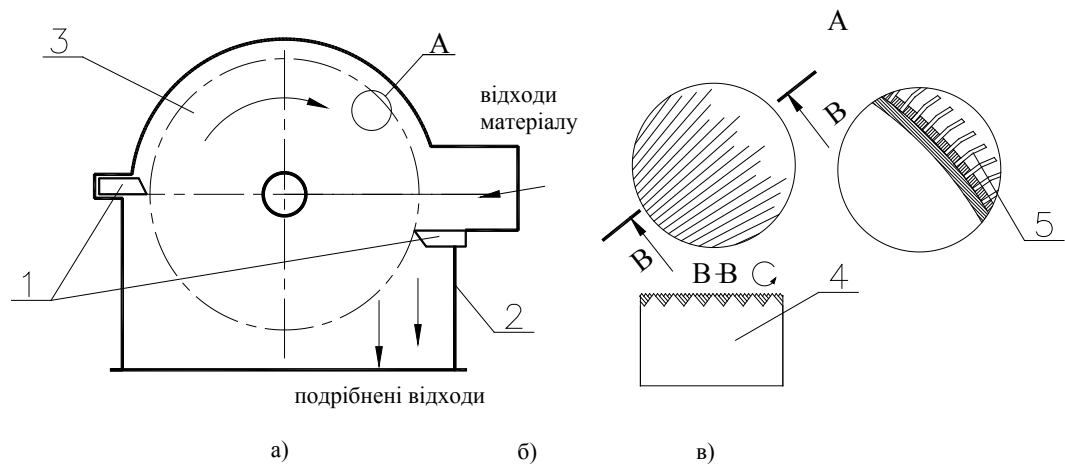
### 1.3.9 Голкові дезінтегратори та дисмембратори

Подрібнення відходів легкої промисловості в дезінтеграторі здійснюється ударним способом. До даного типу обладнання відносяться пристрої з ротором 3 і статором (рис. 3). 1.9). Статор виконаний у вигляді корпусу, в якому розташований зустрічний ніж і виконані завантажувальні і розвантажувальні отвори. У свою чергу, ротор виконаний у вигляді циліндричної металевої щітки [19] або у вигляді набору пластин, при цьому утворюються паралельні поверхні різного розміру (рис. 19) (рис. 19). 1.9, в).

Такий подрібнювач можна використовувати для подрібнення еластичних матеріалів, в тому числі зношених автомобільних шин, синтетичного каучуку, штучної шкіри і брикетів з натуральної шкіри.

Цей тип подрібнювача може бути використаний в хімічній і паперовій промисловості для виробництва порошків, при виробництві пластмас, при виробництві полімерних будівельних матеріалів, в яких ступінь подрібнення каучуку залежить від часу розчинення в Стиролі, при виробництві полімерних будівельних матеріалів, в яких він при приготуванні складу необхідно подрібнити каучук.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



а) дезінтегратор; б) пластинчатий ротор; в) голчатий ротор; 1 – ножі статора; 2 – корпус; 3 – ротор; 4 – пластини дисмембратора; 5 – голки голкофрези.

Рисунок 1.9 – Голкофрезований подрібнювач

Аналіз показує, що подрібнення відходів легкої промисловості в голкофрезерних подрібнювачах є досить ефективним з точки зору умов подрібнення продуктів, обладнання, яке може бути використано для переробки різних матеріалів з різними властивостями і/або структурою, при збереженні основних властивостей кожного з них.

### 1.3.10 Валкові подрібнювачі.

Вальцьові машини призначені для перемішування, подрібнення і пластифікації в процесі переробки полімерів і композицій на їх основі [5].

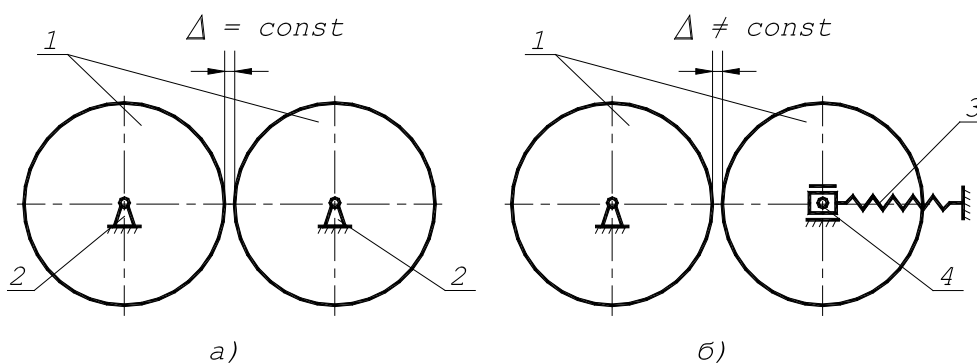
Матеріал подається в вальці у вигляді гранул, порошкоподібних або волокнистих грудок, окремих фрагментів. При обертанні валків, що рухаються в протилежних напрямках через тертя, а точніше назустріч один одному, завантажений матеріал затягується в зазор між валками і мнеться. Спочатку матеріал піддається стискаючим зусиллям, в результаті чого відбувається пластична деформація матеріалу або його руйнування.

Валкові шліфувальні машини можуть мати від 1 до 1 валка, що обертаються як в одному напрямку, так і в протилежному. Залежно від міцності матеріалу і ступеня його подрібнення поверхню валка може бути гладкою, рифленою, зубчастою, дисковою, конічною і т.д. також, для поліпшення процесу обробки, валки можуть мати різну форму. Валки можуть бути виконані у вигляді усічених конусів, які розташовані відносно один одного, а також у вигляді частин тора.

Подрібнювачі роликів типу можуть бути виконані в 2-х варіантах: з постійним осьовим зазором (рис. 1.10, а) і змінним осьовим відстанню (рис. 1.10, А) і змінним осьовим відстанню (рис. 1.10). Рис. 1.10, б). Можливість зміни осьової відстані забезпечується підпружиненням 1 з роликів.

За технічними характеристиками валки для переробки пластмас можна умовно розділити на змішувальні, пластифікуючі, лакофарбові та шліфувальні [12].

Вихідним матеріалом при даному способі подрібнення є в основному порошок, а вихідним матеріалом можуть бути як монолітні відходи, так і текстильні відходи.



1 – валки; 2 – нерухома опора; 3 – пружний елемент; 4 – повзун.

Рисунок 1.10 - Валкові подрібнювачі

Подрібнювачі роликів типу дуже прості в обслуговуванні. Хоча у них також є свої плюси і мінуси. До переваг подрібнювачів цієї групи відносяться

простота і надійність конструкції, можливість регулювання зазору між валками, а також можливість регулювати ступінь диспергування подрібнюваного матеріалу.

Недоліками роликів подрібнювачів є знос робочої поверхні органу, високі енерговитрати на одиницю об'єму подрібнюваного матеріалу.

Продуктивність валкових подрібнювачів коливається від 10 до 400 м<sup>3</sup> / г в залежності від конструкції валка даної установки і подрібнюваного матеріалу.

### 1.3.11 Діскові ріжучі подрібнювачі

Дісковий подрібнювач використовується для подрібнення полімерних матеріалів, гумових і тканинних відходів, поліетиленової плівки, паперу та деревини, а також побутових відходів[20].

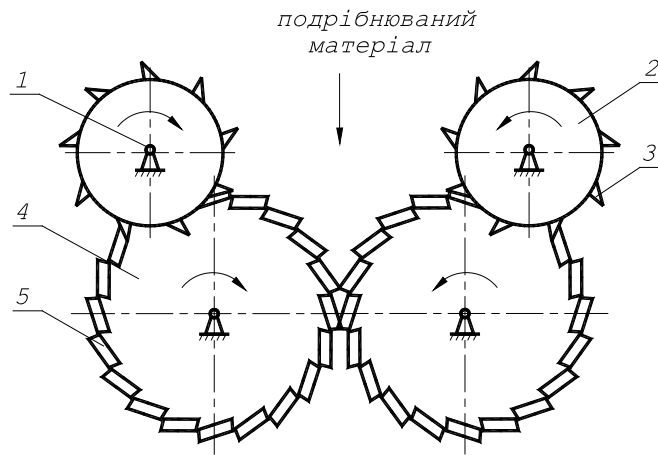
Подрібнювачі з ріжучими дисками знайшли застосування в деревообробній, хімічній, гумовій і гірничодобувній промисловості. Подрібнені відходи можуть бути використані в якості добавки до суміші для виробництва гумових виробів, в якості наповнювача в різних полімерних композиціях, для виробництва термопластів (наприклад, вугілля).

Перед початком процесу шліфування в пристрої, що складається з ряду різних ріжучих дисків, необхідно попередньо розділити різні матеріали на групи (наприклад, гуму від металу).

У пристрої для подрібнення великих гумових відходів [13] використовується вал з дисковим ножом, на кінці якого закріплені ріжучий елемент і зубчастий диск. Зуби зубчастого диска входять в зазор між ножами (рис. 1). 1.11).

Для різання відходів виробництва шин використовується пристрій [10], що складається з багатоналого роликів ріжучого апарату з 3 роликів з приводом ножів, прикріпленими до корпусу, при цьому ролики 1 і 2 розрізають матеріал на смуги, а ролики 2 і 3 - на шматки (рис. 1). 1.12).

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



1 – вали; 2 – дискові ножі; 3 – ріжучі елементи;  
4 – зубчаті диски; 5 – зубці

Рисунок 1.11 – Дискові ріжучі валки

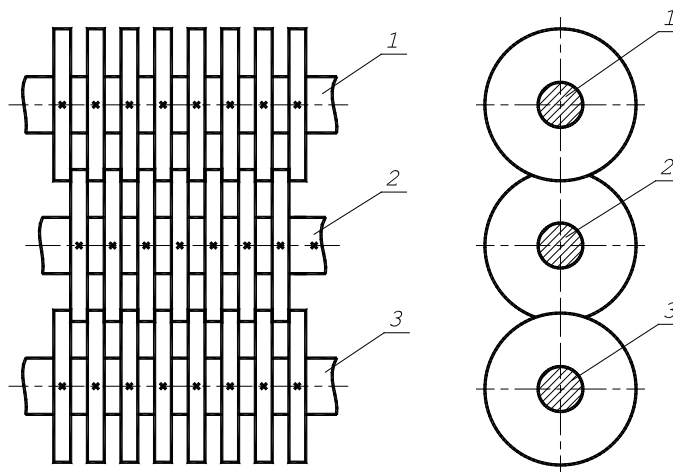


Рисунок 1.12 – Валки з дисками

Д Подрібнювач для іскрового різання має складну конструкцію і низьку якість подрібнення. Ще одним недоліком цих подрібнювачів є те, що вони здатні подрібнювати тільки основну частину подрібнюваного матеріалу.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

### 1.3.15 Екструдерні подрібнювачі

Подрібнюючий екструдер-подрібнювач використовується для подрібнення і поділу матеріалів з низькою твердістю, наприклад, гуми, а також для виробництва регенераційних матеріалів. Такі подрібнювачі застосовуються в шинної і репродуктивної промисловості.[13]

Подрібнений матеріал використовується в якості наповнювача для різних композиційних матеріалів для виготовлення гумотехнічних виробів.

Екструдер-подрібнювач складається з корпусу, в якому встановлений шнек 3 з головкою шнека 2 (рис. 1.13).

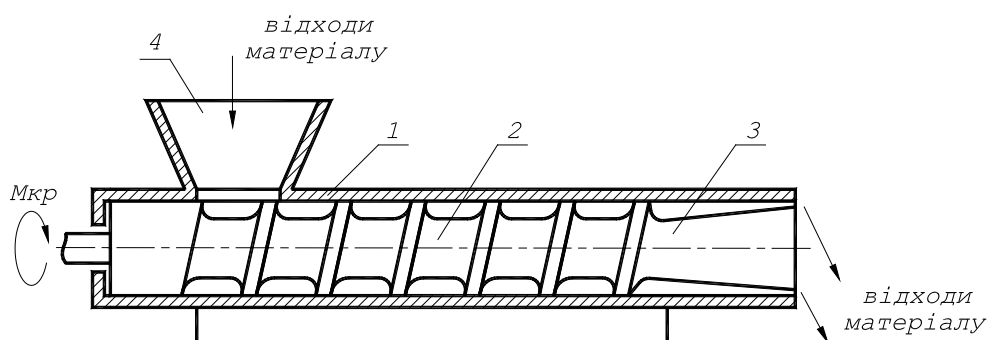


Рисунок 1.13 – Екструдерний подрібнювач

Подрібнений матеріал подається в установку через завантажувальний бункер 4. Робочий орган шнека 2 служить для транспортування подрібненого матеріалу, а точніше, для переміщення відходів по корпусу 1. Між корпусом 1 і головкою гвинта 3 під дією сили стиснення і сили подрібнення відбувається руйнування частинок матеріалу.

Ці шліфувальні машини в основному використовуються для подрібнення гуми в умовах високої пластичності, які можна охарактеризувати як пружну деформацію. В цілому, суть цього методу подрібнення полягає у використанні механічного силового поля, при якому матеріал піддається зсувному стиску. Коли головка шнека взаємодіє з корпусом подрібнювача, сила тертя призводить до тертя, розриву і перегріву матеріалу.

Перевагою екструдера-подрібнювача є те, що пристрій використовується тільки для подрібнення гумових відходів, але, з іншого боку, це також можна віднести до недоліків.

Крім того, недоліком пристрою для подрібнення є металоємність і енерговитрати установки. Невизначений температурний режим, нагрів матеріалу, прилипання подрібнюваного матеріалу до робочого органу - все це уповільнює процес подрібнення.

#### Висновок до першого розділу

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що для попереднього подрібнення відходів високоеластичних матеріалів бажано використовувати ріжуче обладнання, для чого найбільш ефективна роторно-ножова дробарка.

А для тонкого подрібнення найбільш ефективним є екструдерний пристрій, руйнування матеріалу здійснюється під сумісним дією деформації стиснення і зсуву.

Тому подальша частина роботи присвячена розробці екструдерних подрібнювачів, особливо для переробки відходів легкої промисловості.

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ВІДХОДІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

### 2.1 Вибір структурної схеми обладнання для подрібнення відходів легкої промисловості

Структурна схема подрібнюючого обладнання визначається структурою потоку матеріалу. При виборі типу структурної схеми для подрібнюючого обладнання враховуються технічні завдання, які необхідно вирішити. Технічні завдання подрібнення вимагають наступної вихідної інформації:

- Інформація про тип матеріалу, його фізичні, механічні та хімічні властивості;;
- Геометричні розміри відходів;
- Кількість або поширеність наявних відходів;
- Умови отримання кінцевого продукту (розмір частинок, стан поверхні).

Від вибору конструктивної схеми пристрою залежать енергетична ефективність процесу подрібнення і характеристики одержуваного продукту.

Найбільш розумним з точки зору енергоефективності є обладнання для подрібнення, яке розділяє великогабаритні або довгомірні відходи на частини, особливо коли для отримання кінцевого продукту потрібні деталі чітко визначеного розміру. Наприклад, для різання довгомірних відходів або великогабаритних відходів на шматки.

Якщо вам потрібно отримати матеріал з більш дрібних частинок, вам потрібно застосувати перераховані вище варіанти кілька разів. Прикладом такого процесу подрібнення може бути багаторазова безперервна різка (розкрій) шматків матеріалу або безперервна різка відходів по довжині на декількох дискових ножицях зі зменшенням кроку між ножами або різними напрямками переміщення матеріалу.

Обладнання черв'ячного типу є найбільш енергоефективним при

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

подрібненні матеріалів на дрібні деталі.

2.2. Визначення стабільності процесу подрібнення і вибір виду обладнання для його реалізації

Якщо технічна задача стосується переробки відходів термопластичних матеріалів з метою подальшого використання в якості суміші з первинним матеріалом або отримання порошку з гумових відходів для використання в якості наповнювача, необхідно розрахувати етапи процесу подрібнення в залежності від початкових і кінцевих розмірів матеріалу.

При подрібненні відходів в екструдері на споживання енергії великий вплив робить температура матеріалу під час транспортування в зоні тиску і під час руйнування в дробильній голівці. Через технічну неможливість безпосередньо вплинути на процес регулювання температури матеріалу в процесі експлуатації, виходить залежність його температури від температури циліндра з матеріалом по всій зоні транспортування. Послідовність проектування обладнання для дроблення відходів показана на кресленні [БРМА 24.00.00.000 РР].

2.3 Подрібнення відходів у пристрої черв'ячного типу

Основні параметри геометричні черв'яка (рис.2.1): діаметр зовнішній  $D$ , крок  $b$  і глибина нарізки  $h$ , кут нахилу нарізки гвинтової  $\varphi$ , ширина витка гребеня  $e$ , величина зазору радіального між гребенем нарізки і корпусом циліндра матеріального  $\delta$ .

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

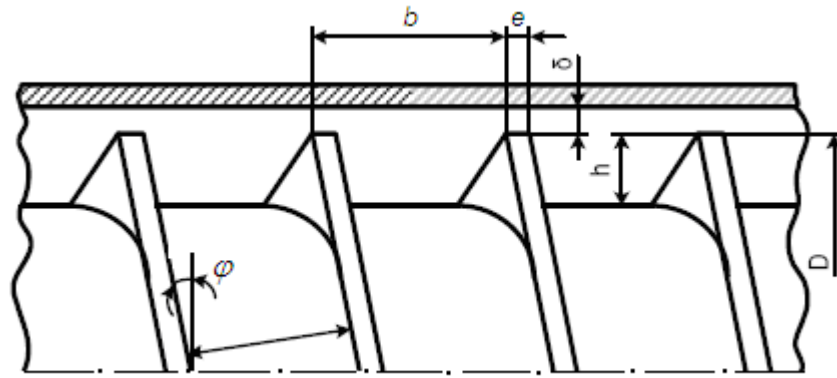


Рисунок 2.1 - Геометричні параметри черв'яка

Як параметр початковий для розрахунку задається діаметр черв'яка  $D$ , якщо діаметр черв'яка не заданий, то його розраховують орієнтовно по співвідношенню [11]

$$Q = 0,68D^{2,5}, \quad (1.1)$$

де  $Q$  – об'ємна продуктивність екструдера,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$D$  – діаметр черв'яка, м .

Отримане значення діаметра шнека округлюється від діаметра шнека стандартної серії до найближчого більшого значення.

Після вибору діаметра шнека і співвідношення  $l/d$  приступають до визначення інших параметрів шнека, які виражаються в його діаметрі.

Глибина кроку різання  $t$  і час прогріву  $h$  істотно впливають на продуктивність подрібнювача. Крок витка в зоні завантаження в основному залежить від коефіцієнта тертя матеріалу об стінки шнека і циліндра для подачі матеріалу, а також від типу матеріалу. Для ідеального черв'яка оптимальний кут різання визначається на кроці  $h = D$ , що відповідає  $45^\circ$ .

Фактично, в залежності від температури, значення коефіцієнта тертя матеріалу про черв'як знаходиться в діапазоні  $0,3 \dots 0,8$ . Значення коефіцієнта тертя  $0,5$  відповідає куту нахилу черв'ячної нарізки  $19^\circ$ , тобто кроку  $1,1 D$ .

На практиці, як і у випадку з машинами для переробки пластмас, рекомендується, щоб крок нарізування різьби шнеком був постійним по всій довжині шнека.

$$b = (0,8 \dots 1,2) D. \quad (2.2)$$

Зазвичай передбачається, що крок дорівнює діаметру черв'яка, відповідному висоті гвинтового каналу  $17^\circ 42'$ , тобто  $V=D$ . У цьому випадку забезпечується не тільки досить гарне постачання верстатів матеріалами, але і значно спрощується технологія виготовлення шнеків. Для забезпечення підвищеного стиснення матеріалів можна використовувати шнеки із змінним кроком різання.

Рекомендації по вибору глибини гвинтового каналу зводяться до чутливості матеріалу до перегріву в окремих випадках, в залежності від характеристик оброблюваного матеріалу.

Глибина гвинтового каналу черв'яка  $h$  для шліфування гуми приймається рівною наступним чином:

в зоні навантаження

$$h = (0,12 \dots 0,16) D; \quad (2.3)$$

в напірній зоні

$$h_n = 0,5 \left[ D - \sqrt{D^2 - \frac{4h}{j}(D-h)} \right], \quad (2.4)$$

де  $j$  – ступінь стиснення матеріалу.

Для черв'яків, що переробляють гуму глибина повинна бути в межах нарізки

$$h = (0,15...0,30)D. \quad (2.5)$$

При виборі витка товщини  $e$  (ширина гребеня) необхідно враховувати, що збільшення витка товщини приводить до підвищення витрати потужності, а зменшення її – до міцності зниження черв'яка. Ширину витка гребеня черв'яка рекомендується приймати рівній

$$e = (0,06...0,1)D. \quad (2.6)$$

Менші значення приймаються для черв'яка діаметрів більше 125 мм, великі – для діаметрів менше 125 мм.

Радіальний зазор між внутрішньою поверхнею циліндра матеріального і зовнішньою поверхнею витка черв'яка рекомендується приймати

$$\delta = (0,002...0,005)D. \quad (2.7)$$

Частота обертання шнека сильно впливає на продуктивність екструдера. Зростання продуктивності відбувається до певного значення частоти обертання (критичної) шнека, за межами якого починається нестійке переміщення матеріалу (частинки матеріалу перестають рухатися в осьовому напрямку, але у шнека це призводить до зниження продуктивності, збільшення енергоспоживання, і збільшення зносу робочих частин машини.

Критична частота обертання шнека в зоні завантаження екструдера може бути визначена наступним співвідношенням

$$n_{кр} = \frac{42,2}{60\sqrt{D}} \quad (2.8)$$

де  $D$  – діаметр черв'яка, м.

Частота обертання шнека повинна бути обмежена відповідно до заданої температури нагріву матеріалу, щоб забезпечити термомеханічне руйнування гуми, а не максимальний коефіцієнт тертя.

Робоча частота обертання шнека визначається при дотриманні наступних умов:

$$n = (0,2 \dots 0,7) n_{кр}, \quad (2.9)$$

Менше значення числового коефіцієнта приймається для діаметра невеликого шнека, а для великого значення - більше.

#### 2.4 Продуктивність подрібнювача відходів

Зона тиску шнека має вирішальний вплив на продуктивність машини. Продуктивність зони сильно залежить від геометричних параметрів самого шнека. Продуктивність всього екструдера в значній мірі залежить не тільки від геометричних розмірів і кількості обертів шнека, але і від конструкції головки.

Залежно від конструкції зони опору і тиску головки об'ємна продуктивність екструдера з видалення відходів може бути виражена в наступних пропорціях:

$$Q = \frac{\alpha K}{K + \beta} n, \quad (2.10)$$

де  $Q$  – об'ємна продуктивність,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $K$  – постійна головки геометричної форми,  $\text{м}^3$ ;  $n$  – частота обертання черв'яка,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\beta$  - постійна прямого потоку для черв'яків з геометричними постійними розмірами, змінними кроком і глибиною нарізки,  $\text{м}^3$ .

При розрахунку об'ємної продуктивності екструдера для подрібнення відходів враховується загальна довжина шнекової частини шнека. Характер зміни

технічних параметрів при транспортуванні і подрібненні матеріалів показаний на кресленнях [БРМА 24.00.00.000 ДТ].

## 2.5 Потужність приводу пристрою для подрібнення відходів

Величина рушійної сили екструдера визначає раціональний вибір типу приводу, втрати енергії і розрахунок необхідної потужності робочого органу.

Споживана потужність розраховується на основі доступних моделей поведінки матеріалу в процесі обробки як сума потужності, споживаної в зоні навантаження, зоні тиску і шліфувальної голівці. Потужність приводу, споживана в зоні навантаження, витрачається на подолання сили тертя при переміщенні заглушки з матеріалу, її величина невелика. (близько 10% від загального енергоспоживання) і можуть бути проігноровані

Потужність, споживана в зоні тиску, витрачається на прошовування маси через гвинтовий канал черв'яка N1. Залежно від конструкції черв'яка ця потужність може бути визначена наступним чином:

Потужність в зоні тиску при постійних геометричних розмірах черв'яка:

$$N_1 = \frac{\pi^3 D^3 n^2 \mu_{\text{еф}} l_0}{h} + \frac{\pi^2 D^2 n h t g \varphi}{2} \Delta P_{\text{гол}}, \quad (2.11)$$

де  $\mu_{\text{еф}}$  – ефективна в'язкість матеріалу в каналі гвинтовому, Па;  
 $\Delta P_{\text{гол}}$  - перепади тиску в голівці.

Потужність в напірній зоні із змінним кроком нарізки гвинтової:

$$N_1 = \frac{\pi^5 (d+h)^3 d^2 n^2 \mu_{\text{еф}} (\Gamma - eR)}{h} + \alpha_1 n \Delta P_{\text{гол}}, \quad (2.12)$$

де  $\Gamma$  – коефіцієнт, визначуваний по формулі:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$\Gamma = \frac{2,3}{2\Delta b} \ln \frac{\cos^2 \varphi_k}{\cos^2 \varphi_n} + \frac{\pi(\varphi_n + \varphi_k)}{360(d+h)}, \quad (2.13)$$

де  $\varphi_n$  – кут нахилу гвинтової лінії на початку напірної зони по діаметру середньому;  $\varphi_k$  – кут нахилу гвинтової лінії в кінці напірної зони по діаметру середньому

$$\varphi_n = \operatorname{arctg} \frac{b_n}{\pi(D-h)}; \quad \varphi_k = \operatorname{arctg} \frac{b_k}{\pi(D-h)}. \quad (2.14)$$

Величина  $R$  визначається по формулі:

$$R = \frac{2,3}{\pi^2(d+h)^2} \ln \frac{b_n^2 \cos^2 \varphi_n}{b_k^2 \cos^2 \varphi_k} + \frac{\pi(\varphi_n - \varphi_k)}{180(d-h)\Delta b}. \quad (2.15)$$

Потужність в напірній зоні із змінною глибиною каналу гвинтового черв'яка

$$N_1 = \frac{\pi^3(b-e)l_0 J n^2 \mu_{ef}}{b} + \alpha_2 n \Delta P_{зол}, \quad (2.16)$$

де  $J$  – коефіцієнт, визначуваний по формулі:

$$J = \frac{\pi^2 D^2 - 4r^2}{2} + \frac{(d_2 + D)^3 - (d_n + D)^3}{3(d_2 - d_n)} + \frac{2,3\pi^2 D^5}{(b^2 + \pi^2 D^2)(h_n - h_2)} \ln \frac{h_n}{h_2}$$

де  $h_n$  – глибина гвинтового каналу на початку зони напірної, м;  $h_2$  – глибина каналу гвинтового на кінці черв'яка, м;  $d_2, d_n$  – діаметр сердечника на кінці черв'яка і на початку зони напірної, м;  $\alpha_2$  – постійна прямого потоку, м<sup>3</sup>.

Загальна потужність, що технологічно витрачається на просування матеріалу в екструдері, буде рівна

$$N = N_1 + N_2. \quad (2.17)$$

Потужність електродвигуна приводу екструдера повинна бути більше розрахункової, щоб компенсувати витрати енергії, не враховані при розрахунку.:

- Для уловлювання і транспортування частинок матеріалу в зоні завантаження;
- Для полегшення утворення пробки з матеріалу в зоні тиску;
- Для подолання сили тертя, що виникає при осьовому впливі наполегливої підшипника.

Описані втрати можна оцінити за коефіцієнтом корисної дії екструдера, який при обробці гумової суміші дорівнює  $\approx 0,2 \dots 0,3$ . Тоді загальна споживана потужність або потужність приводного двигуна дорівнює

$$N_{\text{заг}} = \frac{N_1 + N_2}{\eta}. \quad (Д.18)$$

Після визначення потужності електродвигуна приводу приступають до вибору його типу за відповідним каталогом або довідником по електрообладнанню.

Для приводу подрібнюючого екструдера рекомендується використовувати клиноременну передачу з редуктором типу ЦДП або ЦПВ і змінним шківом.

## 2.6 Синтез структури і компоновання конструкції

Конструкція, яка була вивчена до цих пір, мала компоновку з горизонтально розташованим подрібнюючим циліндром і механізмом примусового завантаження. Згідно з висновками, зробленими в ході огляду літератури, було вста-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

новлено, що найбільш розумною конструкцією є шліфувальний пристрій з вертикально розташованим циліндром, а примусове навантаження сумісна з основним черв'яком. Крім того, найбільш розумним застосуванням електромеханічних приводів зі схемами є електродвигун – клиноременная передача – коробка передач, яка дозволяє збільшити хід машини, зменшити її габарити і підвищити надійність. Крім того, оскільки крутний момент шнека максимальний в зоні розвантаження і поступово зменшується в напрямку зони завантаження, рекомендується передбачити обертовий шнек збоку для вивантаження матеріалу.

У той же час, розташування таких приводів є більш розумним з точки зору зручності експлуатації машини і стабільності конструкції. На рис.2.2 показана схема розташування дробарки.

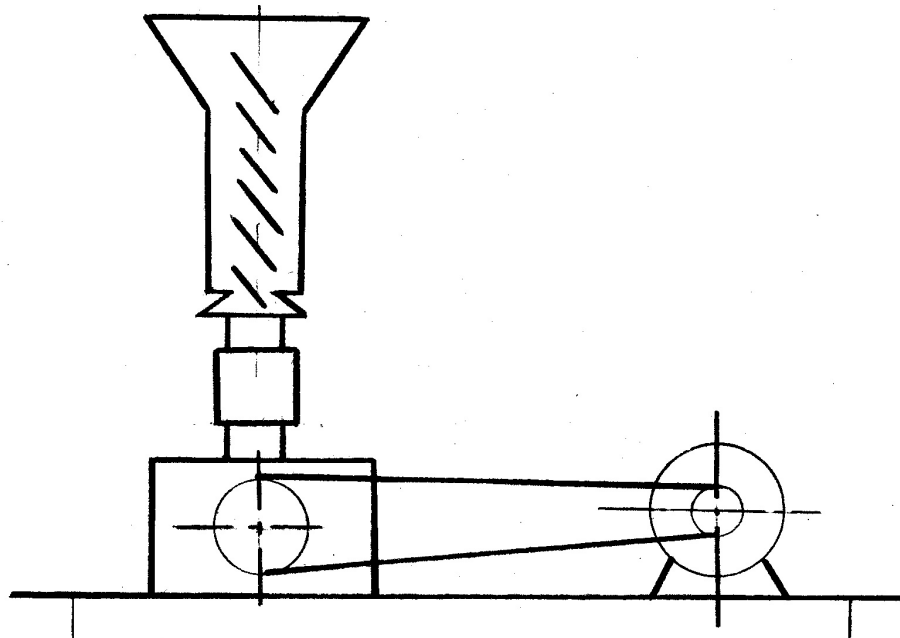


Рисунок 2.2 - Компонування пристрою для подрібнення відходів

### Висновки до другого розділу

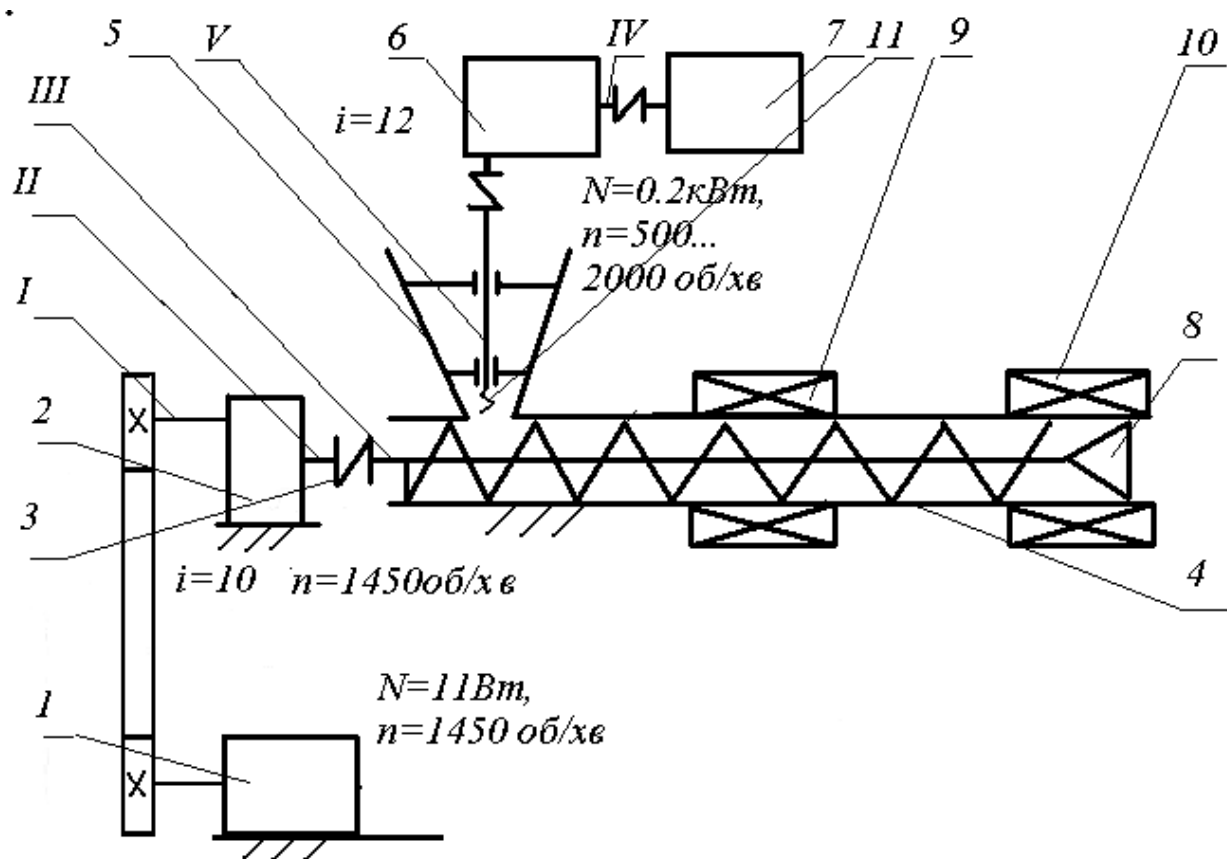
У 2-му розділі роботи розглянута структурна схема пристрою для дроблення відходів легкої промисловості. Визначається стадія процесу дроблення, вибирається тип обладнання для його здійснення і обґрунтовується

продуктивність обладнання для дроблення відходів. Проведено синтез його структури і схема розташування споруди.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		48

### 3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ВІДХОДІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

#### 3.1 Опис запропонованої конструкції і компоновки вузлів



I – ведучий вал редуктора; II – ведений вал; III – черв'ячний вал;  
 IV – вал двигуна; V – вал-шнек; 1 – електродвигун; 2 – двоступеневий ци-  
 ліндричний редуктор; 3 – муфта; 4 – матеріальний циліндр; 5 – бункер;  
 6 – черв'ячний редуктор; 7 – електродвигун; 8 – роторна головка;  
 9 – нагрівачі; 10 – система охолодження; 11 – шнек.

Рисунок 3.1 – Кінематична схема пристрою

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
49

Пропонована конструкція екструдера складається з циліндра для матеріалу з шнеком з поглибленням змінної глибини, в якому закріплена обертається головка для посилення процесу деформації і подрібнення матеріалу. Шнек приводиться в рух приводом, що складається з асинхронного електродвигуна, клинопасової передачі і двоступеневого циліндричного редуктора.

Матеріал завантажується з бункера, оснащеного механізмом примусової подачі, що складається з шнеків і підшипникових черв'ячних передач, а також електродвигуна постійного струму. Оскільки при використанні електродвигуна постійного струму необхідно регулювати інтенсивність подачі матеріалу шляхом регулювання частоти його обертання.

Крім того, екструдер оснащений системою нагріву циліндра для подачі матеріалу в зоні транспортування матеріалу і системою водяного охолодження в зоні обертової головки.

Вся конструкція заснована на каркасі з швелерів.

Конструкція показана на складальному кресленні [БРМА 24.00.00.000 СК].

### 3.2 Розрахунок електроприводу пристрою

Привод екструдера складається з клинопасової передачі ( $u=1$ ), електродвигуна, двоступеневого циліндричного редуктора і втулочно – пальцевої муфти.

#### 3.2.1 Кінематичний розрахунок

Знаходимо швидкість обертання ступені тихохідної редуктора [22]:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 145}{30} = 15,17 \text{ рад/с} \quad (3.1)$$

Визначимо загальний КПД приводу :

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{\text{приводу}} = \eta^{\text{зуб}} \cdot \eta^{\text{підш}} \cdot \eta_{\text{муфти}} \cdot \eta_{\text{клас}} \quad (3.2)$$

де  $\eta_{\text{зуб}}$  – КПД зубчатої передачі ;

$\eta_{\text{підш}}$  – КПД підшипників;

$\eta_{\text{муфти}}$  – КПД муфти.

$$\eta_{\text{муфти}} = 0,98 ; \eta_{\text{зуб}} = 0,97 ; \eta_{\text{підш}} = 0,99 ; \eta_{\text{клас}} = 0,97.$$

$$\eta_{\text{приводу}} = 0,97 \cdot 0,99^3 \cdot 0,98 \cdot 0,97 = 0,895$$

Визначимо потужність двигуна

$$P_{\text{ex}} = \frac{P_{\text{вых}}}{\eta_{\text{привода}}} = \frac{15,7 \cdot 585}{0,895} = 10209 = 10,2 \text{ кВт} \quad (3.3)$$

Визначимо частоту валу обертання електродвигуна:

$$n_{\text{ex}} = n_{\text{вих}} \cdot u \quad (3.4)$$

де:  $u$  – передаточне відношення редуктора

$$u = u_{\text{шв}} \cdot u_{\text{тих}} \quad (3.5)$$

Вибираємо передаточні відношення швидкохідної і тихохідної передачі:

$$u_{\text{тих}} = 2,7 ; u_{\text{шв}} = 3,7 ;$$

$$n_{\text{ex}} = n_{\text{вих}} \cdot u = 145 \cdot 3,7 \cdot 2,7 = 1447 \text{ об/хв}$$

Виходячи з приблизної залежності потужності від частоти обертання, виберіть електродвигун із замкнутим контуром серії AIR132M4U3 [22]. Потужність = 11 кВт; синхронна частота - 1500 об/хв.

Ми визначаємо кінематичні і силові параметри окремих приводних валів:

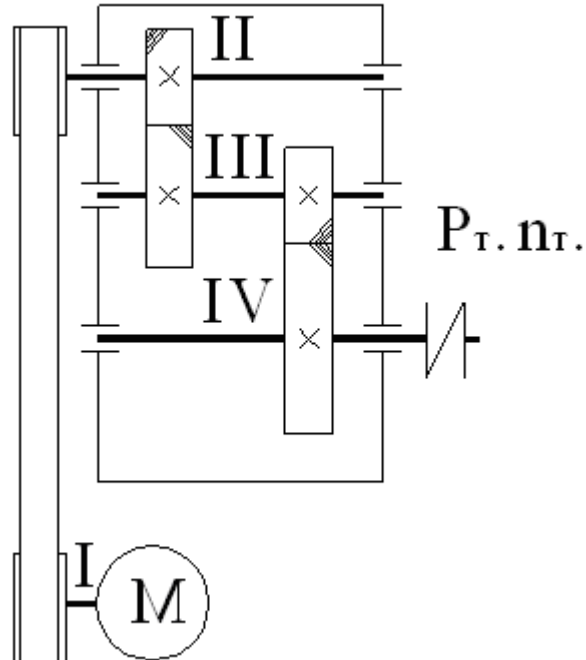


Рисунок 3.2 – схема приводу подрібнювача

I вал.

Частота обертання :  $n_1 = n_{\text{дв}} = 1450 \text{ об/хв};$

Кутова швидкість:

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = \pi n / 30 = 3,14 \cdot 1450 / 30 = 151,76 \text{ рад/с} \quad (3.6)$$

Потужність:

$$P_1 = P_{\text{дв}} = 11 \text{ кВт} \quad (3.7)$$

Крутний момент:

$$T1 = T_{\text{дв}} = P_{\text{дв}} / \omega_{\text{дв}} = 11000 / 151,76 = 72,98 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.8)$$

II вал.

Частота обертання:  $n_2 = n_1 = n_{\text{дв}} = 1450 \text{ об/хв.}$

Кутова швидкість:  $\omega_2 = \omega_1 = 75,36 \text{ рад/с.}$

Потужність:

$$P2 = P1 \cdot \eta_{\text{підш}} \cdot \eta_{\text{кпрем}} = 11 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 10,56 \text{ кВт} \quad (3.9)$$

Крутний момент:  $T2 = T1 = 72,98 \text{ Н}\cdot\text{м};$

III вал.

Частота обертання :

$$n3 = n2 / u_{\text{шв}} = 1450 / 2,7 = 392 \text{ об/хв}; \quad (3.10)$$

Потужність:

$$\omega_1 = \pi \cdot n3 / 30 = 3,14 \cdot 392 / 30 = 21,2 \text{ рад/с} \quad (3.11)$$

Кутова швидкість:

$$P3 = P2 \cdot \eta^{2\text{зуб}} \cdot \eta_{\text{підш}} = 10,61 \cdot 0,972 \cdot 0,99 = 9,92 \text{ кВт} \quad (3.12)$$

Крутний момент:

$$T3 = T2 \cdot \eta_{\text{зуб}} \cdot u_{\text{шв}} = 72,98 \cdot 0,97 \cdot 3,7 = 261,9 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.13)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

IV вал.

Частота обертання :

$$n_4 = n_3 / u_{\text{mix}} = 392 / 2,7 = 145,1 \text{ об/хв} \quad (3.14)$$

Кутова швидкість:

$$\omega_4 = \pi \cdot n_4 / 30 = 3,14 \cdot 145,1 / 30 = 15,1 \text{ рад/с} \quad (3.15)$$

Потужність:

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_{\text{зуб}} \cdot \eta_{\text{підш}} = 9,92 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 9,144 \text{ кВт} \quad (3.16)$$

Крутний момент:

$$T_4 = T_3 \cdot \eta_{\text{зуб}} \cdot u_{\text{mix}} = 261,9 \cdot 0,97 \cdot 2,7 = 685,91 \text{ Н·м} \quad (3.17)$$

Всі отримані дані зводимо в таблицю.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку.

Номер валу	Частота обертання, об/хв	Кутова швидкість обертання, рад/с	Потужність P, Вт	Момент, Н·м
I	1450	151,76	11000	72,98
II	1450	151,76	10560	72,98
III	392	21,2	9920	261,9
IV	145,1	15,1	9144	685,91

Згідно даних що отримали вибираємо стандартний редуктор 1Ц 2У-160 [22].

Необхідно виконати розрахунки перевірочні валів, підшипників і шпонок.

### 3.3 Попередній розрахунок

Крутний момент в поперечних перерізах валів

Вхідного  $T_{II} = 71,52 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

Проміжного  $T_{III} = 246,3 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

Веденого  $T_{IV} = 716,7 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{мм}$

Діаметр вихідного кінця вхідного валу при  $[\tau]_k = 25 \text{ Н}/\text{мм}^2$

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{T_{II}}{0,2 \cdot [r_k]}} = \sqrt[3]{\frac{71,52 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 24,2 \text{ мм} \quad (3.18)$$

Діаметр шийок під підшипниками приймаємо  $d_{n2} = 25 \text{ мм}$ ; під провідною шестернею  $d_{k2} = 32 \text{ мм}$

У проміжного валу визначаємо діаметр небезпечного перерізу (під шестернею) розрахунком на кручення за заниженими допустимими напруженнями  $[\tau_k] = 15 \text{ Н}/\text{мм}^2$

$$d_{k3} = \sqrt[3]{\frac{T_{III}}{0,2 \cdot [r_k]}} = \sqrt[3]{\frac{246,3 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 43,4 \text{ мм} \quad (3.19)$$

Приймаємо діаметр вала під шестернею  $d_{k3} = 45 \text{ мм}$ .

Приймаємо діаметр вала під підшипники  $d_{n3} = 35 \text{ мм}$

Ведений вал.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо при  $[\tau]_k = 25 \text{ Н/мм}^2$  діаметр вихідного кінця валу

$$d_{IV} = \sqrt[3]{\frac{T_{IV}}{0,2 \cdot [\tau_k]}} = \sqrt[3]{\frac{716,7 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 52,3 \text{ мм} \quad (3.20)$$

Приймаємо діаметр під підшипниками  $dn4 = 55 \text{ мм}$ , під колесом  $dk4 = 60 \text{ мм}$ ,  $dl4 = 60 \text{ мм}$ .

### 3.4 Уточнений розрахунок

Уточнений розрахунок проведемо для валу проміжного. Складемо схему розрахункову. Всі розміри візьмемо з компоновки:  $a = 50 \text{ мм}$ ;  $b = 35 \text{ мм}$ .

$$P_{радC} = 1,208 \cdot 10^3 \text{ Н}, P_{осC} = 894 \text{ Н}, P_{окрC} = 3212,7 \text{ Н}, P_{радВ,Д} = 505,8 \text{ Н}, P_{осВ,Д} = 382,1 \text{ Н}, \\ P_{окрВ,Д} = 1,336 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Побудуємо епюру крутних моментів:

$$M_B = \frac{P_{окрВ} \cdot D_B}{2} = \frac{1,336 \cdot 10^3 \cdot 0,2}{2} = 133,6 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (3.21)$$

Визначимо реакції в опорах:

В площині YOZ:

$$\sum M_3 = -P_{радВ} \cdot a + P_{радC}(a+b) - P_{радД}(2b+a) + Y_3 \cdot (a+b+b+a) = 0 \quad (3.22)$$

Звідки отримаємо:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$Y_4 = \frac{P_{радВ} \cdot a - P_{радС} \cdot (a+b) + P_{радД} \cdot (b+b+a)}{(a+b+b+a)} =$$

$$= \frac{505.8 \cdot 0.05 - 1.208 \cdot 10^3 (0.05 + 0.035) + 505.8 \cdot (0.035 + 0.035 + 0.05)}{(0.05 + 0.035 + 0.035 + 0.05)} = -98.2(H) \quad (3.22)$$

Істинне значення сили  $Y_4$  направлене в сторону протилежну, від вибраного на схемі.

$$\sum M_4 = -P_{радД} \cdot a + P_{радС} \cdot (a+b) - P_{радВ} \cdot (a+b+b) + Y_3 \cdot (a+b+b+a) = 0 \quad (3.23)$$

$$Y_3 = \frac{P_{радД} \cdot a - P_{радС} \cdot (a+b) + P_{радВ} \cdot (a+b+b)}{(a+b+b+a)} =$$

$$= \frac{505.8 \cdot 0.05 - 1.208 \cdot 10^3 \cdot (0.05 + 0.035) + 505.8 \cdot (0.035 + 0.035 + 0.05)}{0.17} = -98.2(H) \quad (3.24)$$

Істинне значення сили  $Y_3$  направлено в сторону протилежну від раніше вибраного напрямку.

Перевірка:

$$\sum F_y = 0;$$

$$-Y_3 - P_{радВ} + P_{радС} - P_{радД} - Y_4 = 0; -98.2 - 505.8 + 1.208 \cdot 10^3 - 505.8 - 98.2 = 0; \quad (3.25)$$

Будуємо епюру моментів згинаючих в площині  $YOZ$ .

$$M_{X3} = 0;$$

$$M_{X4} = 0;$$

$$M_{XB} = -Y_3 \cdot a = -4.91(H \cdot m) \quad (3.26)$$

$$M_{XC} = -Y_3 \cdot (a+b) - P_{рад} \cdot b = -26.05(H \cdot m)$$

$$M_{XD} = -Y_4 \cdot a = -4.91(H \cdot m)$$

В площині  $XOZ$ :

$$\sum M_3 = P_{окрВ} \cdot a + P_{окрС} \cdot (b + a) + P_{окрД} (b + b + a) - X_4 \cdot 0.17 = 0; \quad (3.27)$$

$$X_4 = \frac{1.336 \cdot 10^3 \cdot 0.05 + 3212.7 \cdot 0.085 + 1.336 \cdot 10^3 \cdot 0.12}{0.17} = 2942.3(H) \quad (3.28)$$

$$X_3 = 2942.3(H)$$

Перевірка :

$$\sum F_x = 0; \sum F_x = -X_3 + P_{окрВ} + P_{окрС} + P_{окрД} - X_4 = 0 \quad (3.29)$$
$$2942.3 + 1.336 \cdot 103 + 3212.7 + 1.336 \cdot 103 - 2942.3 = 0;$$

Будуємо епюру моментів згинаючих в площині  $XOZ$ .

$$M_{Y3} = 0;$$

$$M_{Y4} = 0;$$

$$M_{YB} = -X_3 \cdot a = -147.1(H \cdot m) \quad (3.30)$$

$$M_{YC} = -X_3 \cdot (a + b) - P_{окрВ} \cdot b = -203.3(H \cdot m) \quad (3.31)$$

$$M_{YD} = -X_4 \cdot a = -147.1(H \cdot m) \quad (3.32)$$

Сумарні моменти:

$$M_{\sum H} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad (3.33)$$

$$M_{\sum IB} = \sqrt{4.91^2 + 147.1^2} = 147.2(H \cdot m)$$

$$M_{\sum IC} = \sqrt{26.05^2 + 203.3^2} = 204.9(H \cdot m)$$

$$M_{\sum ID} = \sqrt{4.91^2 + 147.1^2} = 147.2(H \cdot m)$$

Небезпечним перерізом є переріз 3:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{M_{\Sigma \text{ИС}}^2 + T_{\text{КР}}^2} = \sqrt{204,9^2 + 267,2^2} = 336,7(\text{Н} \cdot \text{м}) \quad (3.34)$$

З умови міцності:

$$\delta = \frac{M_{\text{ЭКВ}}}{W_x} \leq [\delta] \text{ при } W_x = 0,1 \cdot d^3 \quad (3.35)$$

$$[\delta] = 50 \text{ МПа}$$

отримаємо:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{ЭКВ}}}{0,1 \cdot [\delta]}} = \sqrt[3]{\frac{336,7}{0,1 \cdot 50 \cdot 10^6}} = 0,043(\text{м}) \quad (3.36)$$

Приймаємо  $d=45(\text{мм})$

### 3.5 Перевірка довговічності підшипників

Ведучий вал.

Роликотідшипники радіальні з роликами короткими циліндровими, однорядні. Тип 7305, ГОСТ 333-79, середня серія  $d = 25$ ,  $D = 62$ ,  $B = 17$ ,  $z = 2$ ,  $D1=67$ ,  $T = 18.25$ , вантажопідйомність = 2960, ролики  $DT = 9.5$ ,  $z = 13$ ;

6.2 Проміжний вал.

Роликотідшипники радіальні з роликами короткими циліндровими, однорядні. Тип 7307, ГОСТ 333-79, середня серія  $d = 35$ ,  $D = 80$ ,  $B = 21$ ,  $c=2.5$ ,  $D1=85$ ,  $T = 22.75$ , вантажопідйомність = 6100, ролики  $DT = 11.7$ ,  $z = 12$ ;

Ведений вал.

Роликотідшипники радіальні з роликами короткими циліндровими, однорядні. Тип 7311, ГОСТ 333-79, середня серія  $d = 55$ ,  $D = 120$ ,  $B = 27$ ,  $c = 3$ ,  $D1=127$ ,  $T = 31.5$ , вантажопідйомність = 10200, ролики  $DT = 16.7$ ,  $z = 13$ ;

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

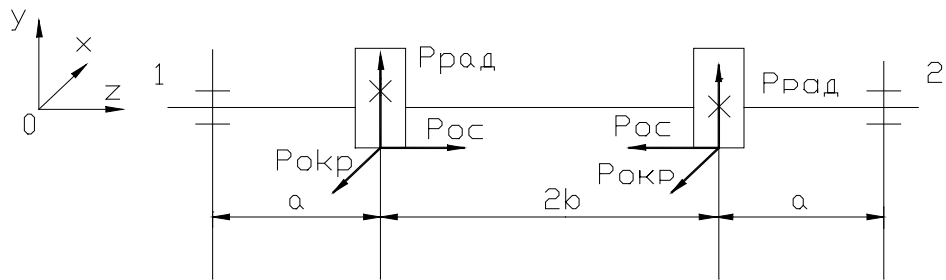


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема

Сили що виникають в зачепленні:  $P_{окр} = 1336 \text{ Н}$ ,  $P_{рад} = 506 \text{ Н}$  і  $P_{ос} = 382 \text{ Н}$ .

Перший етап компоновки дав  $a = 50 \text{ мм}$ ,  $b = 35 \text{ мм}$

Визначимо реакції в опорах:

В площині  $yz$

$$Y_2 (2a + 2b) = P_{окр} a + P_{окр} (a + 2b) = P_{окр} (2a + 2b) \quad (3.37)$$

$$Y_2 = P_{окр} = 1336 \text{ Н} \quad (3.38)$$

$$Y_1 (2a + 2b) = P_{окр} a + P_{окр} (a + 2b) = P_{окр} (2a + 2b) \quad (3.39)$$

$$Y_1 = P_{окр} = 1336 \text{ Н} \quad (3.40)$$

В площині  $xz$

$$X_2 (2a + 2b) = P_{рад} a + P_{рад} (a + 2b) = P_{рад} (2a + 2b) \quad (3.41)$$

$$X_2 = P_{рад} = 506 \text{ Н} \quad (3.42)$$

$$X_1 (2a + 2b) = P_{рад} a + P_{рад} (a + 2b) = P_{рад} (2a + 2b) \quad (3.43)$$

$$X_1 = P_{рад} = 506 \text{ Н} \quad (3.44)$$

Сумарні реакції

$$R_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} = \sqrt{506^2 + 1336^2} = 1429 \text{ Н} \quad (3.45)$$

$$R_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2} = \sqrt{506^2 + 1336^2} = 1429 \text{ Н} \quad (3.46)$$

Знаходимо осьові складові реакцій радіальних підшипників конічних по формулі:

$$S = 0,83eR \quad (3.47)$$

$$S_2 = 0,83 \cdot 0,36 \cdot 1429 = 427 \text{ Н};$$

$$S_1 = 0,83 \cdot 0,36 \cdot 1429 = 427 \text{ Н};$$

для підшипників 7305 параметр осьового навантаження  $e = 0,36$ ,  $Z = 33$  кН.

Осьові сили підшипників. В нашому випадку  $S_1 = S_2$ ;  $Pic > 0$ .

Тоді

$$Foc1 = S_1 = 427 \text{ Н}; Foc2 = S_1 + Pic = 1811 \text{ Н}. \quad (3.48)$$

Оскільки реакції, що діють на підшипники рівні, то розглянемо один з підшипників – лівий.

Відношення  $\frac{F_{oc2}}{R_2} = \frac{1811}{1429} = 1,27 > e$ , тому слід враховувати навантаження

осьове.

Еквівалентне навантаження по формулі:

$$P_{\Sigma 2} = (XVR_2 + YFoc2) K_b K_m \quad (3.47)$$

для заданих умов  $V = K_b = K_m = 1$ ; для підшипників конічних при  $\frac{F_{oc2}}{R_2} \Rightarrow e$  коефіцієнт  $X = 0,4$  і коефіцієнт  $Y = 1,67$  [17].

Еквівалентне навантаження

$$P_{\Sigma 2} = (0,4 \cdot 1429 + 1,67 \cdot 1811) = 3024 \text{ Н} = 3,024 \text{ кН} \quad (3.48)$$

Розрахункова довговічність

$$L = \left( \frac{C}{P_{\Sigma 2}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left( \frac{C}{P_{\Sigma 2}} \right)^3 \sqrt[3]{\frac{C}{P_{\Sigma 2}}} = \left( \frac{33}{3,024} \right)^3 \sqrt[3]{\frac{33}{3,024}} \approx 2883 \text{ млн. год} \quad (3.49)$$

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{2883 \cdot 10^6}{60 \cdot 720} \approx 66736 \text{ год} \quad (3.50)$$

де  $n = 720 \text{ об/хв}$  – частота обертання провідного валу.

Знайдена довговічність прийнятна.

### 3.6 Вибір мастила редуктора

Щоб не тільки знизити втрати потужності на тертя і швидкість зносу поверхні тертя, але і захистити поверхню тертя деталі від засмічення, задирів, корозії і кращого відведення тепла, вона повинна мати надійну мастило.

В даний час картерні системи широко використовуються в машинобудуванні для змащення шестерень. На коробку передач або картер редуктора

Налийте масло так, щоб воно просочило головку колеса. При їх обертанні масло захоплюється зубами, розбризкується і потрапляє на внутрішню стінку корпусу, звідки стікає в його нижню частину. У корпусі утворюється суспензія частинок масла в повітрі, що покриває поверхню деталей, розташованих в корпусі.

Швидкість мастила картера становить від 0,3 до 12,5 м/с. використовується при окружній швидкості шестерень і черв'яків до. Крім того, значно збільшу-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ються втрати потужності на перемішування масла, а також підвищується його температура.

Вибір мастильного матеріалу ґрунтується на досвіді експлуатації шини. Принцип присвоєння марок масла наступний: чим вище окружний шов колеса, тим нижче в'язкість масла, і чим вище контактний тиск на зуби, тим вище в'язкість масла. Таким чином, необхідна в'язкість масла визначається в залежності від контактної напруги і окружної швидкості колеса. Окружна швидкість визначається заздалегідь, потім необхідна кінематична в'язкість і марка масла визначаються по швидкості і контактному тиску.

В даний час широко використовуються пластичні мастила СУАТІМ-201 і litol-24, що дозволяють нагрівати їх до температури 130°C.

Максимально допустимим ступенем занурення коліс циліндричної коробки передач в масляну ванну вважається та, при якій найменша можлива глибина занурення дорівнює модулю зубчастого вінця. Максимально допустима глибина занурення залежить від окружної швидкості колеса. Чим повільніше обертається колесо, тим глибше воно може просочитися.

У співвісній трансмісії, коли вал розташований в горизонтальній площині, колеса високошвидкісної і низькооборотної ступенів занурюються в масло. Коли вал встановлений на вертикальній поверхні, шестерні і колеса в нижній частині корпусу занурюються в масло. Якщо глибина занурення колеса виявиться надмірною, зменшіть рівень масла і встановіть спеціальне мастильне колесо.

### 3.7 Розрахунок клинопасової передачі

Вибір типу паса.

Згідно потужності в 11 кВт і частоті обертання приводного валу, вона становить 1450 об/хв.на основі номограми [22] виберіть ремінь з профілем В і виконайте розрахунки для нього.

Для введення в експлуатацію:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

- Ширина поперечного перерізу  $a = 22$  мм;
- Висота перетину (товщина проходу)  $t = 13,5$  мм

Діаметр приводного шківа.

Щоб наблизити поперечний переріз до мінімального діаметру приводного шківа, вкажіть  $D1 \text{ міні} = 200$  мм і виберіть мінімально допустимий діаметр приводного шківа зі стовпця "Стандарт".

Кінцеве значення розрахункового діаметра струмопровідного шківа:  
 $d1 = 211$  мм

Швидкість переміщення

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{3,14 \cdot 211 \cdot 3000}{6 \cdot 10^4} = 16,0 \text{ м/с} \quad (3.51)$$

Діаметр шківа веденого  $d2$ .

Оскільки передаточне число передачі пасової  $u = 1$ , то  $d2 = 211$  мм.

Вибір міжосьової відстані.

Межі вибору міжосьової відстані  $a$ :

$$2(d1 + d2) \geq a \geq 0,5(d1 + d2) + T \quad (3.52)$$

$$2(211 + 211) \geq a \geq 0,5(211 + 211) + 13,5$$

$$844 \geq a \geq 223,5$$

З розмірів конструктивних редуктора і електродвигуна і їх компоновки на рамі між осьову відстань приймаємо  $a = 670$  мм.

Визначення довжини паса і остаточного значення відстані міжосьової.

Розрахункова довжина паса  $L_P$

$$L_P = 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = 2 \cdot 670 + \frac{3,14}{2}(211 + 211) = 2002,5 \text{ (мм)} \quad (3.53)$$

Приймаємо довжину паса стандартне значення (пункт 1) -  $L_P = 2000$  мм

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

Остаточне значення відстані міжосьової

$$a = \frac{2L_p - \pi(d_1 + d_2) + \sqrt{[2L_p - \pi(d_1 + d_2)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8} =$$
$$= \frac{2 \cdot 2000 - 3,14(211 + 211) + \sqrt{[2 \cdot 2000 - 3,14(211 + 211)]^2}}{8} = 667,25 \text{ (мм)} \quad (3.54)$$

Частота пробігів паса в секунду.

$$v = \frac{V \cdot 10^3}{L_p} = \frac{16 \cdot 10^3}{2000} = 8 \text{ с}^{-1} \quad (3.55)$$

Потужність, що в умовах експлуатації передається одним пасом.

$$P_p = \frac{P_o C_\alpha C_L}{C_p}, \quad (3.56)$$

де  $P_o = 5,97$  кВт - номінальна потужність для одного ременя в умовах типової передачі;

$C_b = 0,90$  – коефіцієнт кута обхвату [22];

$C_L = 1,00$  – коефіцієнт довжини паса;

$C_p = 1$  – коефіцієнт динамічності навантаження і режиму роботи.

Після підстановки отриманих значень у формулу отримуємо розрахункове значення потужності, передаваної одним ремнем в умовах експлуатації.

$$P_p = \frac{5,52 \cdot 0,90 \cdot 1,00}{1} = 4,9 \text{ кВт}$$

Необхідне число ременів

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{P_1}{P_p C_k} \quad (3.57)$$

де коефіцієнт числа ременів в передачі прийmemo  $C_k = 1$

$$K = \frac{11}{4,9 \cdot 1} = 2,2$$

Приймаємо:  $K=2$

Напруження від попереднього натягу ременів.

Для передачі що розраховується прийmemo:

$\sigma_0 = 1,4 \text{ Н/мм}^2$  – напруження в пасі від сили попереднього натягу

Зусилля натягу попереднього одного паса

$$F_0 = \sigma_{\text{про}} \times S = 1,4 \times 150 = 210 \text{ Н} \quad (3.58)$$

Зусилля натягнення попереднього всіх ременів

$$F_{\Sigma} = F_0 \times \text{ДО} = 210 \times 2 = 420 \text{ Н} \quad (3.59)$$

Зусилля, діюче на шківи

$$F \approx 2 \times F_{\Sigma} \sin(\alpha/2) = 2 \times 420 \times \sin(90) \cong 420 \text{ Н} \quad (3.60)$$

Довговічність ременів оцінюємо по формулі:

$$D = \left( \frac{\sigma_r}{\sigma_{\text{max}}} \right)^m \frac{N_0 \cdot C_p \cdot C_u}{3600 \cdot v \cdot x}, \quad (3.61)$$

де  $N_0$  – базове число циклів, приймаємо  $N_0 = 10^7$ ;

$C_p$  - коефіцієнт динамічності і режиму навантаження роботи,  $C_p = 1$ ;

$C_u$  – коефіцієнт, що враховує вплив передавального числа, для  $u=1$  прийнятий  $C_u = 1$ ;

$v$  - число пробігів паса;

$x = 2$  - число шківів в передачі;

$m$  – показник ступеня кривої витривалості, для клинових ременів приймаємо  $m = 8$ .

Прийmemo для розрахунку:

$\sigma_r = 9$  Н/мм<sup>2</sup> – межа витривалості паса при базовому числі циклів;

$$\sigma_t = \frac{9,55 \cdot 10^6 \cdot P_1 \cdot 2}{n_1 \cdot d_1 \cdot S \cdot k} = \frac{9,55 \cdot 10^6 \cdot 11 \cdot 2}{1450 \cdot 211 \cdot 150 \cdot 5} = 0,9 \text{ (Н/мм}^2\text{)} - \text{напруження від окол-}$$

вої сили;

$\sigma_u$  (Н/мм<sup>2</sup>) – напруження від вигину паса на малому шківі;

$$\sigma_u = E \frac{T}{d_1} \quad (3.62)$$

де:  $E = 85$  Н/мм<sup>2</sup> – модуль подовжньої пружності матеріалу паса;

$T = 16$  – висота перерізу (товщина паса).

$$\sigma_u = 85 \frac{16}{211} = 6,4$$

$\sigma_v$  (Н/мм<sup>2</sup>) – напруга від доцентрових сил;

$$\sigma_v = 10^{-6} \cdot \rho \cdot V^2 = 10^{-6} \cdot 1,25 \cdot 10^3 \cdot 16^2 = 0,32 \quad (3.63)$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\text{про}} + 0,5 \times \sigma_t + \sigma_u + \sigma_v = 1,4 + 0,5 \times 0,9 + 6,4 + 0,32 = 8,57 \text{ (Н/мм}^2\text{)} \quad (3.64)$$

При підстановці отриманих значень в загальну формулу одержуємо довговічність ременів розрахункову:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$D = \left( \frac{9}{8,57} \right)^8 \frac{10^7 \cdot 1,2 \cdot 1,8}{3600 \cdot 8 \cdot 2} \cong 5548 \text{ год}$$

Отримане значення більше нормативного ресурсу, який для середнього режиму роботи складає 2000 годину.

#### Висновки до третього розділу

У третьому розділі цієї статті описується запропонована конструкція пристрою та розташування його компонентів. Розрахунок електроприводу пристрою, попередній і складний розрахунок вала. Ми перевірили довговічність підшипників і підібрали мастило для редуктора.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Розроблена конструкція обладнання для дроблення відходів легкої промисловості. Проаналізовано технологію та обладнання для дроблення відходів. Виходячи з цього, як найбільш економічне і ефективне, в якості прототипу було вибрано черв'ячний пристрій.

Розглянуто структурну схему пристрою для дроблення відходів легкої промисловості. Визначено етап процесу подрібнення і обраний тип обладнання для його здійснення. Запропоновано компонування конструкції з використанням електромеханічного приводу. Обґрунтовано продуктивність обладнання для подрібнення відходів. Проведено синтез його конструкції і схеми розташування конструкції. Розроблений пристрій займає меншу площу, ніж аналогічний пристрій з горизонтальним розташуванням циліндрів, і виключені додаткові пристрої примусового завантаження; привід з боку розвантаження дозволив поліпшити умови завантаження черв'яка і тим самим підвищити його довговічність.

В процесі роботи проводиться розрахунок основних технічних параметрів і конструктивних елементів. Тобто визначення потужності, що витрачається на шліфування, розрахунок приводного валу пристрою, Розрахунок клинопасової передачі.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Легка промисловість України: реалії та перспективи розвитку. Експертно-аналітична доповідь / Кол. авторів під наук. ред. І.М. Грищенка. – Київ : КНУТД, 2015. – 82 с.
2. Carotenuto G. Polymer-based nanocomposites: New potentialities for polymers / G. Carotenuto //Polym. News. – 2000. – Vol. 25, № 6. – P. 190–199.
3. Rahul Tiwari, Numanuddin Azad, Deblina Dutta, Bholu Ram Yadav, Sunil Kumar, A critical review and future perspective of plastic waste recycling, Science of The Total Environment, Volume 881, 2023, 163433. ISSN 0048-9697. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163433>.
4. Dixit S., Yadav A., Dwivedi P. D., Das M. Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: a review Journal of Cleaner Production, 87 (2015), pp. 39–49.
5. Переробка відходів гуми та термопластичних матеріалів : монографія / [О. П. Бурмістенков, В. П. Місяць, І. В. Панасюк, Б. М. Злотенко]. – Київ : Кафедра, 2012. – 240 с. – ISBN 978-966-2071-20-2.
6. Технологія виробництва та переробки полімерів медико-біологічного призначення: навч. посіб. / В. Л. Авраменко, Л. П. Підгорна, Г. М. Черкашина, О. В. Близнюк. – Харків : Видавництво та друкарня «Технологічний Центр», 2018. – 356 с.
7. Тарасенко І. О. Сталий розвиток підприємств легкої промисловості: теорія, методологія, практика : монографія / І. О. Тарасенко. – Київ : КНУТД, 2010. – 390 с.
8. Коновал В. П. Універсальний довідник взуттєвика : навч. посіб. / В. П. Коновал, С. С. Гаркавенко, Л. Т. Свістунова. – Київ : Лібра, 2005. – 720 с.
9. Бабич А. І. Технологія виготовлення виробів з різних матеріалів : навч. посіб. / А. І. Бабич. – Київ : КНУТД, 2021. – 248 с.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

10. Розвиток наукових основ технологій рециклінгу полімерних відходів у матеріали і деталі взуття та інші вироби легкої промисловості : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.18 «Технологія взуття, шкіряних виробів і хутра» : захищена 19.04.2012 / І. А. Мандзюк ; наук. консультант М. Є. Скиба. – Хмельницький : КНУТД; ХНУ, 2012.

11. Мікульонок І. О. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів : навч. посіб. / І. О. Мікульонок. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 324 с.

12. Кузьменко М. Я. Технологія виробництва та перероблення високомолекулярних сполук : підручник / М. Я. Кузьменко, М. В. Бурмістр, Ю. М. Кобельчук. Кн. 1. – Дніпропетровськ : ДВНЗ «Укр. держ. хім.-технол. унт», 2015. – 545 с.

13. Місяць В. П. Розвиток наукових основ проектування обладнання для подрібнення відходів термопластичних і гумових матеріалів легкої промисловості: дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.10 «Машини легкої промисловості» / В. П. Місяць. – Київ : КНУТД, 2008. – 403 с.

14. Волчко А. І., Юхно М. І., Пермякова Ю. В. Пристрій для подрібнення матеріалів. Патент України на корисну модель, № 62349, 25.08.2011 р.

15. Малишевська О. С., Роп'як Л. Я. Пристрій для подрібнення пластикових пляшок на фрагменти заданих розмірів. Патент України на корисну модель, № 121910, 10.08.2020 р.

16. Хозін В. В. Пристрій для подрібнення матеріалу. Патент України на корисну модель, № 86361, 25.12.2013 р.

17. Волчко А. І., Юхно М. І., Ковальов О. І., Семко П. П., Волчко А. А., Токарчук С. В. Пристрій для подрібнення полімерних матеріалів. Патент України на корисну модель, № 109364, 10.08.2015 р.

18. Іванова Л. І., Горчаков О. І., Якимчук М. В., Журибеда О. М. Ножова дробарка для подрібнення полімерних виробів. Патент України на корисну модель, № 94592, 25.11.2014 р.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

19. Мікульонок І. О., Рябцев Г. Л., Сезонов М. В. Пристрій для подрібнення. Патент України на корисну модель, № 1076, 15.10.2001 р.

20. Мікульонок І. О. Інноваційне обладнання для приготування та перероблення полімерних матеріалів і гумових сумішей : монографія / І. О. Мікульонок, О. М. Гавва, Л. О. Кривопляс-Володіна. – Київ: Національний університет харчових технологій, 2022. – 139 с. : іл. – Бібліогр.: С. 126–135. – URL: [https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/38700/1/2022\\_%20Polymer/\\_Processing\\_.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/38700/1/2022_%20Polymer/_Processing_.pdf).

21. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 275 с.

22. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів : навчальний посібник. – Львів : «Новий світ – 2020», 2018– 264 с.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		73