

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до бакалаврського кваліфікаційного проєкту на тему:

**«ПОДРІБНЮВАЧ МЕТАЛЕВИХ ТА
ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ»**

08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ІГМ-216
зі спеціальності 133
«Галузеве машинобудування»
(шифр і назва напрямку підготовки)



Бойко П. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., асистент каф. ГМ

Поліщук О. В.

(прізвище та ініціали)

«6» червня 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доцент, каф. АТМ

Митко М. В.

(прізвище та ініціали)

«11» червня 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ГМ

д.т.н, професор Поліщук Л.К. 

«10» червня 2025 р.

Вінниця ВНТУ-2025 р

Підпис і дата

Інв. № дубл.

Взам. Інв.

Підпис і дата

Інв. № ориг.

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

Поліщук Л.К.

«15» березня 2025 р

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКИЙ КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

здобувачу гр. ІГМ-216 Бойку П. М.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврського кваліфікаційного проєкту: Подрібнювач металевих та пластикових відходів

керівник бакалаврського кваліфікаційного проєкту Поліщук О. В., к.т.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «10» 03 2025 року № 97

2. Строк подання студентом бакалаврського кваліфікаційного проєкту
10 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до бакалаврського кваліфікаційного проєкту 1) Тип виробництва: утилізація відходів; 2) Вимоги до конструкції: не більше 1500x500x1200 мм, ремонтпридатність; 3) Продуктивність роботи – 0,5 т/год; 4) оброблюваний матеріал – метал товщиною до 0,5 мм та пластик, ширина матеріалу до 450 мм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вступ; 2) Огляд існуючих технологій та засобів утилізації пластикових та металевих відходів; 3) Висновки з теоретичного огляду; 4) Розробка конструкції подрібнювача металевих та пластикових відходів, опис конструкції та принципу роботи пристрою; 5) Розрахунки необхідних параметрів для проектування конструкції подрібнювача; 8) Аналіз санітарних умов праці в приміщенні, в якому буде здійснюється розробка обладнання.

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

1) Принципові та конструктивні схеми відомого обладнання для подрібнення металевих та пластикових відходів; 2) 3D модель подрібнювача металевих та пластикових відходів; 3) Складальне креслення подрібнювача металевих та пластикових відходів, складальне креслення рами подрібнювача металевих та пластикових відходів.

6. Консультанти розділів бакалаврського кваліфікаційного проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічний розділ (основна частина)	Поліщук Олександр Васильович	24.03.2025	9.06.2025
Охорона праці, безпека життєдіяльності	Поліщук Олександр Васильович	5.05.2025	20.06.2025

7. Дата видачі завдання 24.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврського кваліфікаційного проєкту	Строк виконання етапів бакалаврського кваліфікаційного проєкту		Приміт
1	Огляд обладнання та технологій переробки металевих та пластикових відходів	05.05.2025	20.05.2025	Back
2	Розробка конструкції подрібнювача металевих та пластикових відходів	05.05.2025	20.05.2025	Back
3	Розрахунок геометричних та силових параметрів подрібнювача металевих та пластикових відходів	24.05.2025	2.06.2025	Back
4	Розробка 3D моделей та складальних креслень подрібнювача металевих та пластикових відходів	27.05.2025	06.06.2025	Back
5	Аналіз санітарних умов праці в приміщенні, в якому буде здійснюватиметься розробка обладнання	05.05.2025	20.05.2025	Back
6	Оформлення текстової та графічної частини проєкту	05.05.2025	20.05.2025	Back
7	Перевірка на плагіат	6.06.2025	9.06.2025	Back
8	Нормоконтроль БКП	10.06.2025	10.06.2025	Back
9	Попередній захист БКП	10.06.2025		Back
10	Рецензування БКП	11.06.2025	16.06.2025	Back
11	Захист БКП	За графіком кафедри		Back

Здобувач



(підпис)

Бойко П. М.
(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської дипломної роботи



(підпис)

Поліщук О. Ф.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврський кваліфікаційний проєкт складається з 47 сторінок тексту, на яких є 9 рисунків, 1 таблиця, список використаних джерел містить 34 найменування.

У роботі розглянуто актуальні питання підвищення ефективності переробки металевих і пластикових відходів шляхом розробки універсальної конструкції подрібнювача. Описано конструктивні особливості подрібнювача, розкрито принцип його роботи, наведено основні переваги конструкції. Проведено інженерні розрахунки основних вузлів, визначено критерії вибору матеріалів, потужності приводу та розрахункові параметри підшипникових вузлів і з'єднань. Робота супроводжується складальними кресленнями, що дозволяє впровадити розробку у виробничу практику. Розглянуто питання охорони праці під час провадження конструкторської роботи.

Ключові слова: подрібнювач, метал, конструкція, пластик, привод, переробка.

ABSTRACTS.

The bachelor's qualification project consists of 47 pages of text, which includes 9 figures, 1 table, and a list of references containing 34 titles.

The work addresses topical issues of increasing the efficiency of metal and plastic waste recycling by developing a universal shredder design. The design features of the shredder are described, the principle of its operation is revealed, and the main advantages of the design are given. The engineering calculations of the main components are carried out, the criteria for selecting materials, drive power, and design parameters of bearing units and joints are determined. The work is accompanied by assembly drawings, which allows the development to be implemented in production practice. The issues of labor protection during design work are considered.

Keywords: shredder, metal, design, plastic, drive, recycling.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ПЛАСТИКОВИХ ТА МЕТАЛЕВИХ ВІДХОДІВ	5
1.1 Способи утилізації металевих та пластикових відходів	5
1.2 Вторинне використання металевих та пластикових відходів	5
1.3 Способи подрібнення металевих та пластикових відходів	8
1.4 Обладнання для подрібнення металевих та пластикових відходів...	9
2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ.....	15
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	22
3.1 Розрахунок та крутного моменту на валу подрібнювача	22
3.2 Кінематичний розрахунок приводу подрібнювача.....	22
3.3 Розрахунок прямозубої відкритої циліндричної передачі	24
3.4 Розрахунок підшипників роторних валів	31
3.5 Розрахунок шпонкового з'єднання.....	33
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	34
4.1 небезпечні і шкідливі виробничі фактори	34
4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	35
4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи	42
4.4 Пожежна безпека.....	43
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46
ДОДАТКИ.....	50
ДОДАТОК А. Технічне завдання.....	51
ДОДАТОК Б. Ілюстративна частина.....	57
ДОДАТОК В. Специфікації.....	62
ДОДАТОК Г. Акт перевірки на плагіат.....	66

					08-62.БКП.02.08.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОДРІБНЮВАЧ МЕТАЛЕВИХ ТА ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ	Літ.	Арк.	Аркуші
Розробив	Бойко П. М.						2	
Перевірів	Поліщук О.В..							
Реценз.								
Н. Контр.	Слабкий А. В.							
Затв.	Поліщук Л.К					ВНТУ, зр. ГМ-216		

ВСТУП

Сучасні системи управління відходами переживають радикальну трансформацію під тиском екологічних викликів та економічних імперативів. Згідно з даними ООН, щорічний обсяг пластикових відходів у світі перевищує 300 млн тон, з яких лише 9% підлягає переробці [1,2]. Паралельно глобальний ринок переробки металів досягає £76 млрд, демонструючи фінансову привабливість галузі [3,4]. Україна, де накопичено 15-20 млрд м³ відходів[5], стикається з подвійним викликом: необхідністю модернізації інфраструктури та інтеграції в європейські циркулярні стандарти, зокрема виконання рекомендацій Єврокомісії щодо збільшення переробки муніципальних відходів до 55% до 2028 року [6,7].

Історично розвиток подрібнювальних технологій був тісно пов'язаний із промисловими потребами та геополітикою. Перші паперові шредери, створені Адольфом Ехінгером у 1935 році для знищення антинацистських листівок [8,9], еволюціонували в потужні промислові системи, здатні переробляти до 3 тон металу за годину[10,11]. Сьогодні подрібнювачі стали ключовою ланкою в ланцюжку доданої вартості вторинної сировини, де технології на кшталт мікрохвильового піролізу дозволяють трансформувати змішані пластики у синтез-газ з енергоефективністю до 85% [11,12].

Екологічний вплив цих технологій вражає: переробка алюмінію зменшує енерговитрати на 95% порівняно з первинним виробництвом, а використання сталевих брухту у електродугових печах скорочує викиди CO₂ на 58% [13,14]. Проте світова індустрія стикається з парадоксом – попри зростання обсягів переробки на 6,5% щорічно [14], кількість пластикових відходів збільшилась на 6 млн тон лише за 2021-2022 роки[1]. В Україні ця проблема посилюється наслідками війни: 30 млн тон будівельного брухту

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

потребують термінової утилізації, а неконтрольовані сміттєзвалища становлять загрозу ґрунтовим водам.

Викладене вище обґрунтовує **актуальність** розробки та створення нового обладнання для утилізації пластикових та металевих відходів.

Виходячи з цього **метою даної роботи** є розробка та обґрунтування конструкції універсального подрібнювача металевих і пластикових відходів, який забезпечує високу продуктивність, надійність, простоту обслуговування та адаптацію до різних типів матеріалів, а також супроводження проекту комплектом робочих креслень для подальшого виготовлення та впровадження в промисловість.

Для досягнення поставлено мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- Провести аналіз сучасних технологій та обладнання для подрібнення металевих і пластикових відходів.
- Вибрати оптимальну конструкцію подрібнювача з урахуванням вимог міцності, енергоефективності та універсальності.
- Розробити складальні креслення установки та основних вузлів.
- Виконати інженерні розрахунки спроектованої конструкції.
- Оцінити переваги розробленої конструкції порівняно з типовими аналогами та визначити можливості її впровадження у виробничих умовах.
- Розглянути питання безпеки, охорони праці та екологічної доцільності експлуатації установки.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ПЛАСТИКОВИХ ТА МЕТАЛЕВИХ ВІДХОДІВ

1.1 Способи утилізації металевих та пластикових відходів

1.1.1 Методи утилізації металевих відходів

Утилізація металевих відходів здійснюється через комплексну систему технологічних операцій, що забезпечують максимальне відновлення цінних матеріалів. Основний процес включає демонтаж конструкцій, збір металевих відходів, транспортування на переробні підприємства, перевірку відходів включаючи дозиметричний контроль, відділення чорних металів від кольорових, видалення неметалевих домішок та заключний контроль якості[2]. Металеві відходи машинобудівного комплексу використовуються за двома основними напрямками: без переплавлення для так званих «ділових» відходів (шматки листового та сортового прокату), які застосовуються для виготовлення нових виробів, та з переплавленням для стружки, окалини, бракованих виробів та відпрацьованого інструменту[4].

Сучасні технології переробки металів включають інноваційні методи сортування та очищення. Магнітне та вихрове струмове розділення дозволяють ефективно відокремлювати різні типи металів[15]. Після підготовки та подрібнення метали піддаються процесам плавлення, очищення та рафінування для видалення домішок і досягнення необхідного рівня чистоти. Пірометалургія, гідрометалургія, електрохімічна переробка та їх комбінації підвищують ефективність переробки та відновлення металів[15]. Особливу увагу приділяють утилізації металевих відходів, що містять радіоактивні, хімічні, пожежо- і вибухонебезпечні компоненти, які потребують спеціальних заходів безпеки для запобігання згубному впливу токсичних речовин на навколишнє середовище[10].

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1.1.2 Технології утилізації пластикових відходів

Переробка пластикових відходів реалізується через різноманітні методи, що можуть бути класифіковані як механічні, хімічні, фізико-хімічні, біохімічні та комбіновані підходи[16]. Механічна переробка є основною та найбільш використовуваною технологією, яка включає збір, сортування, миття та повторну обробку пластикових матеріалів. Процес починається з критично важливого етапу відбору і сортування, де використовуються різні методи поділу на основі щільності, кольору, розміру, а також магнітних чи електричних властивостей. Електростатичне розділення особливо корисне для відділення пластику від інших компонентів відходів[8].

Інноваційні технології включають піроліз пластикових відходів з допомогою мікрохвиль, який використовує мікрохвильове випромінювання для індукування термічного розкладання пластикових матеріалів за відсутності кисню при температурах 300-800 градусів Цельсія. Цей процес дозволяє отримати синтез-газ, піролізне масло та вугілля, які згодом перетворюються на цінні продукти включаючи водень, біопаливо, активоване вугілля та метан. Мікрохвильовий піроліз забезпечує швидке нагрівання, скорочення часу обробки, більший вихід продукту, покращену селективність цільових продуктів та можливість переробки змішаних типів пластику. Процес є самодостатнім з енергетичної точки зору, що робить його економічно стійким та придатним для малих децентралізованих систем переробки відходів[8].

1.2 Вторинне використання металевих та пластикових відходів

1.2.1 Застосування переробленого металу

Перероблені метали знаходять широке застосування у різних галузях промисловості завдяки здатності зберігати свої первинні властивості після багаторазової переробки [5,12]. Перероблений алюміній зазвичай

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

використовується для виготовлення банок для напоїв, автомобільних деталей та будівельних матеріалів, демонструючи універсальність цього матеріалу у споживчих та промислових застосуваннях [12]. Вторинна мідь широко застосовується в електропроводці, сантехніці та покрівельних роботах, підтверджуючи її критичну роль в інфраструктурних проектах. Перероблена сталь знаходить застосування в будівництві, виробництві побутової техніки та транспорті, формуючи основу сучасної промисловості[12].

Спеціалізовані метали також мають свої ніші застосування: латунь і свинець часто переробляють і використовують у сантехніці, музичних інструментах, батареях, покрівлі та радіаційному захисті[12]. З кольорових металів виготовляються ювелірні прикраси, побутова техніка та електроніка, тоді як чорні метали використовуються металургійними підприємствами для виробництва різних виробів[10]. При переробці сталевих брухту утворюються побічні продукти, такі як сталеплавильний і ливарний шлак, які знаходять застосування в дорожньому будівництві, демонструючи принципи комплексного використання відходів[5].

1.2.2 Продукти з переробленого пластику

Вторинна переробка пластику дозволяє отримати вторинні гранули, які служать сировиною для виробництва нових пластикових виробів, а також енергію, паливні добавки, одяг та багато інших продуктів[1]. Контейнери становлять першочергову продукцію з відходів пластику, включаючи упаковки для яєць, овочів, морозива та інших харчових продуктів. Меблі з переробленого пластику, включаючи столи, стільці, вішалки та полиці, цінуються нарівні з деревом завдяки своїй довговічності та стійкості до атмосферних впливів - вони не гниють, не іржавіють і не піддаються корозії[17].

Канцелярські товари, включаючи маркери, корпуси кулькових ручок та пенали, у більшості випадків виробляються з вторинних відходів. Особливо

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

цікавим є використання переробленого пластику у текстильній промисловості: багато світових брендів випускають лінійки одягу з вторинної сировини, де у процесі переробки пластмасових пляшок отримують вторинну гранулу флекса, з якої виробляють поліестер. Цей матеріал знаменитий тим, що легко переться, не розтягується, швидко сохне та не сідає після прання, і його можна знайти в складі джинсів, кофт, шарфів і спортивного одягу. Відходи пластика також застосовуються у виготовленні нехарчової плівки, велосипедів, поліетиленових виробів, демонструючи широкий спектр можливостей вторинного використання[17].

1.3 Способи подрібнення металевих та пластикових відходів

1.3.1 Технології подрібнення металевих відходів

Подрібнення металевих відходів є критично важливим етапом у процесі їх переробки, що забезпечує ефективну підготовку матеріалу для подальшого рециклінгу. Процес подрібнення передбачає зменшення розмірів відходів, що необхідно для ефективної роботи конкретного виду обладнання для переробки[9]. Підготовка металобрухту до утилізації включає доведення його до необхідних параметрів шляхом сортування, пресування, пакетування, дрібнення та різання[14]. Технологічний процес регенерації відпрацьованих формових сумішей у ливарному виробництві складається з подрібнення кусків, які спеклись, очищення їх від металевих включень за допомогою магнітних сепараторів, просіювання з одночасним продуванням повітрям і відсмоктування пилу[7].

Подрібнення металевих шматків проводиться у дві стадії: попереднє подрібнення на валкових млинах і остаточне подрібнення до необхідного ступеня помолу на роторних дробарках. Очистка формової суміші від металевих включень здійснюється за допомогою магнітних сепараторів, де металеві феромагнітні включення притягуються до магніту і скидаються в

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

бункер для використання в процесі повторного переплавлення[7]. Вибір конкретного методу подрібнення залежить від матеріалу, його форми, розмірів металевої стружки та виду металу, що визначає необхідність застосування додаткових пристроїв для усунення зводуутворення[18].

1.3.2 Методи подрібнення пластикових відходів

Подрібнення пластикових відходів відіграє вирішальну роль у переробці, оскільки зменшує розмір матеріалу та забезпечує легку обробку і транспортування на заводи з переробки. Подрібнювачі працюють за принципом застосування сили зсуву для руйнування матеріалів, використовуючи гострі леза або молотки для розрізання або розривання пластику на менші шматки. Процес включає подачу пластикових відходів у машину, де вони контактують з обертовими лезами або молотками, а високошвидкісне обертання цих елементів подрібнює пластик до необхідних розмірів[11].

Подрібнення пластикових відходів покращує ефективність сортування, полегшуючи розділення різних типів пластику за кольором, типом смоли або товщиною. Цей процес також полегшує наступні етапи переробки, такі як промивання, сушіння та екструзію з розплаву[11]. Після завершення механічного розділення матеріали подрібнюються, пропускаючись через систему обертових лез, потім отримані пластівці сортують за розміром за допомогою сітки, промивають і сушать, готуючи до повторної обробки шляхом екструзії або агломерації[8].

1.4 Обладнання для подрібнення металевих та пластикових відходів

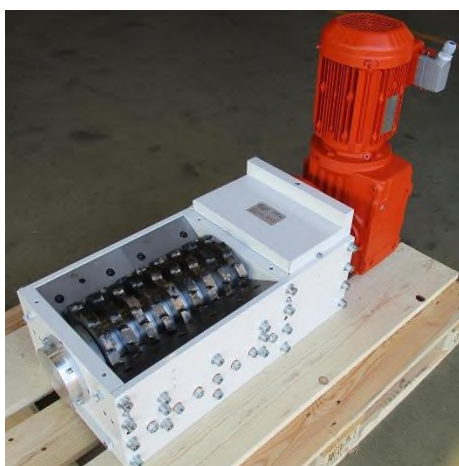
1.4.1 Технічні характеристики подрібнювачів металу

Обладнання для подрібнення металевих відходів включає широкий спектр спеціалізованих машин, що відрізняються за конструкцією,

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

продуктивністю та призначенням. Одновалкові подрібнювачі серії EZ демонструють різну продуктивність залежно від моделі: EZ4 (рис. 1.1, а) забезпечує переробку сталі до 60 кг/год та алюмінію до 48 кг/год, тоді як потужніші моделі EZ100 та EZ150 (рис. 1.1, б) можуть обробляти до 2000-3000 кг/год як сталі, так і алюмінію. Двовалкові подрібнювачі серії ZW показують різноманітні характеристики: ZW800 (рис. 1.2, а) двомоторний може переробляти до 1000 кг/год сталі та 600 кг/год алюмінію, тоді як менші моделі ZW 500 та ZW 300 (рис. 1.2, б) забезпечують продуктивність відповідно 400-600 кг/год та менше[18].

Конструктивні особливості подрібнювачів металу включають можливість використання одно- або двовалкових систем, з підбором певної конфігурації ріжучих ножів залежно від характеристик сировини. Бажаний розмір частинок подрібненого матеріалу досягається завдяки установці сита з певним діаметром отворів, а для усунення нагромадження може застосовуватися підпресовуючий пристрій-штовхач, який притискає стружку до ріжучого механізму. До комплектації подрібнювача також може включатися система змащування, що підвищує ефективність роботи та продовжує термін служби обладнання[18].



а)

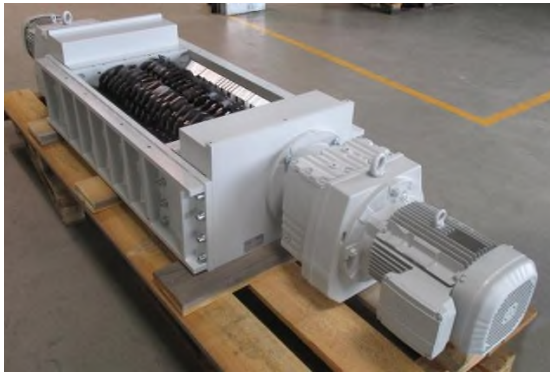


б)

Рисунок 1.1 – Одновалкові подрібнювачі металевих відходів серії EZ:

а) EZ24; б) EZ150

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		



а)



б)

Рисунок 1.2 – Двовалкові подрібнювачі металевих відходів серії ZW:

а) ZW800; б) ZW300

1.4.2 Конструкції подрібнювачів пластику

Подрібнювачі пластику характеризуються різноманітністю конструктивних рішень, що забезпечують ефективну переробку різних типів пластикових відходів. За конструкцією вони поділяються на роторні подрібнювачі з обертовими ножами, які швидко та ефективно ріжуть пластик, та валкові подрібнювачі, що використовують зубчасті вали для подрібнення твердих пластикових матеріалів.



а)



б)

Рисунок 1.3 – Подрібнювачі пластикових відходів

а) Grindex-4; б) Grindex-7

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		11

Спеціалізація за типом сировини включає подрібнювачі для м'якого пластику (ПЕТ-пляшки, пакети, плівки), для твердого пластику (каністри, труби, корпуси техніки) та універсальні подрібнювачі, здатні працювати з різними типами пластикових відходів[19]. Шредери промислового призначення обладнані двома обертовими валами з високомісними ножами та шестигранними валами, здатними роздробити тверді і в'язкі речовини, включаючи склопластик. Автоматична система контролю регулює навантаження і швидкість обертів вала, а також забезпечує зворотне обертання (реверс) при перевищенні навантаження для рівномірного розподілу сировини по камері[20].

1.4.3 Принципи роботи та технічні параметри

Дроблення твердих побутових відходів здійснюється переважно сухими методами в подрібнювачах різної дії: розколюючі і розмелюючі (щоківі, конусні, зубовалкові дробарки), розчавлюючі (гладковалкові дробарки, вертикальні і горизонтальні млини), істіральні-розчавлюючі (шаро-кільцеві, катково-тарілчасті млини) та ударної дії (відцентрові, барабанні, шахтні млини, дезінтегратори). Щічні дробарки працюють за принципом роздавлювання матеріалу між нерухомою щогою та хитною поверхнею, застосовуючись для великого і середнього дроблення, тоді як конусні дробарки використовуються для середнього і дрібного дроблення між двома усіченими конусами[13].

Шредер двовальний (рис. 1.2, а) працює за принципом розриву і різання матеріалів, де сировина поступає в камеру з двома шестигранними фрезерованими валами, оснащеними спеціальними ножами (рис. 1.4). За допомогою потужного циліндричного мотору ножі ріжуть сировину, а швидкість руху валів регулюється електронним блоком для налаштування продуктивності під конкретні потреби замовника.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		



Рисунок 1.4 – Комплект валів для подрібнення твердих відходів

Машини можуть мати шість видів ножів для різання практично будь-якого матеріалу та обладнуватись протиріжучими пластинами з боків камери, що забезпечує повне подрібнення матеріалу без насипання на вали[20]. При виборі подрібнювача пластику важливими параметрами є потужність двигуна, швидкість обертання ротору, матеріал ножів, розмір вихідного матеріалу та енергоефективність[19].

Проведений огляд демонструє, що подрібнювачі металевих та пластикових відходів відіграють центральну роль у сучасній системі управління відходами та розбудові циркулярної економіки. Аналіз способів утилізації показав, що як металеві, так і пластикові відходи можуть ефективно переробляти через комплексні технологічні процеси, що включають сортування, очищення, подрібнення та подальшу переробку у вторинну сировину. Металеві відходи можуть переробляти багаторазово без втрати якості, забезпечуючи значну економію енергії, тоді як пластикові відходи через інноваційні технології, такі як мікрохвильовий піроліз, можуть перетворюватись на широкий спектр цінних продуктів.

Вторинне використання обох типів матеріалів демонструє їхню високу економічну цінність та екологічну доцільність. Перероблені метали знаходять застосування у будівництві, автомобілебудуванні, електротехніці та

виробництві побутової техніки, тоді як з переробленого пластику виготовляють контейнери, меблі, канцелярські товари, текстиль та багато інших продуктів. Технології подрібнення забезпечують критично важливу підготовку матеріалів до ефективної переробки, використовуючи різні принципи механічного впливу залежно від типу та характеристик відходів.

Сучасне обладнання для подрібнення представлено широким спектром машин від малопродуктивних лабораторних установок до високопотужних промислових комплексів, що дозволяє підібрати оптимальне рішення для різних масштабів виробництва. Перспективи розвитку галузі пов'язані з впровадженням штучного інтелекту, автоматизацією процесів сортування та подрібнення, а також розробкою більш енергоефективних технологій, що сприятиме подальшому розвитку сталого управління відходами та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ

Спроектований подрібнювач металевих та пластикових відходів (рис 2.1), є стаціонарною машиною для подрібнення металевих і пластикових відходів. Його конструкція передбачає розміщення всіх основних вузлів на жорсткій металевій рамі, що забезпечує стабільність і зручність обслуговування.

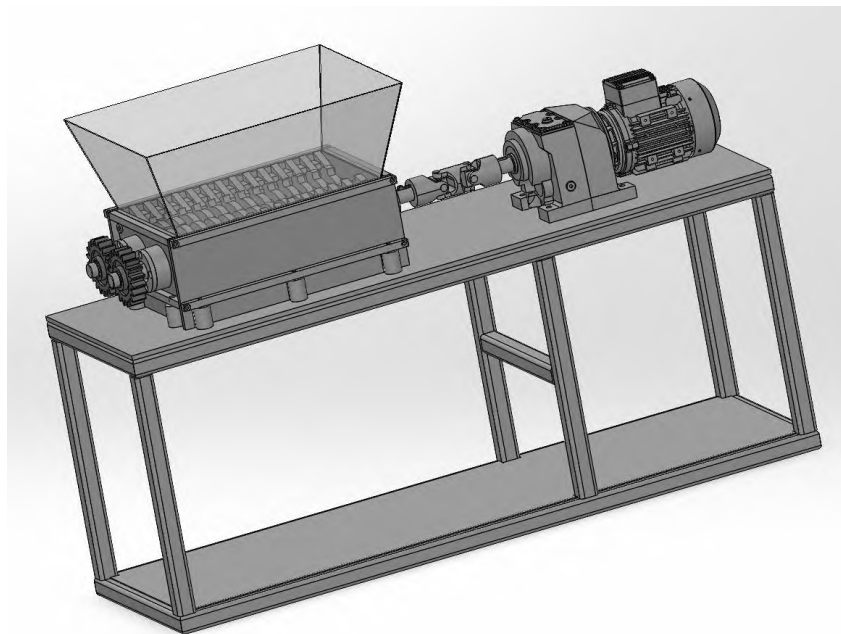


Рисунок 2.1 – Подрібнювач металевих та пластикових відходів

Основними складовими подрібнювача є рама, бункер завантаження, роторно-ножова система, корпус робочої частини, привідна система та зовнішня циліндрична зубчаста передача.

Рама подрібнювача металевих та пластикових відходів являє собою просторову зварну конструкцію, виконану з квадратних сталевих труб розміром 40×40 мм із товщиною стінки 4 мм. Вона складається з двох горизонтальних ярусів: верхній служить основою для встановлення основних робочих вузлів – подрібнювального блоку, редуктора та електродвигуна, а

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

нижній виконує функцію опорної платформи та може використовуватись для розміщення додаткового обладнання або збору відходів. Вертикальні та діагональні перемички забезпечують високу жорсткість і стійкість конструкції до навантажень і вібрацій, що виникають під час роботи обладнання. Всі вузли рами з'єднані між собою зварюванням, що гарантує цілісність та довговічність конструкції. Для підвищення стійкості до корозії та зносу рама має бути пофарбована або покрита захисним шаром. Конструкція рами передбачає відкритий доступ до всіх основних механізмів для зручності монтажу, обслуговування та ремонту обладнання.

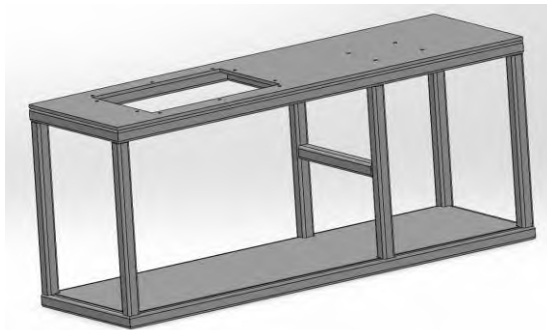


Рисунок 2.2 – Рама

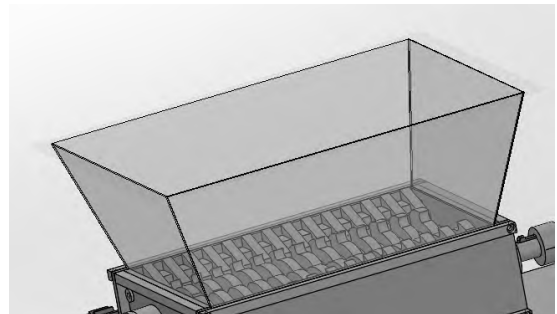


Рисунок 2.3 –Бункер

Бункер завантаження подрібнювача має форму усіченої піраміди з чотирма похилими стінками, які спрямовують сировину до робочої зони роторно-ножового механізму. Його конструкція забезпечує зручне завантаження як металевих, так і пластикових відходів, а також рівномірну подачу матеріалу на подрібнення. Бункер виготовлений із прозорого матеріалу – оргскла, що дозволяє оператору візуально контролювати процес завантаження та рівень наповнення. Верхня частина бункера має більшу площу, що полегшує засипання відходів, а нижня звужується до отвору, розташованого безпосередньо над ріжучим механізмом. Це сприяє самопливному переміщенню матеріалу до зони подрібнення без додаткових зусиль з боку оператора. Кути нахилу стінок підібрані таким чином, щоб уникати зависання матеріалу та забезпечувати його безперервний рух до

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

ріжучих валів. Бункер жорстко закріплений до корпусу подрібнювача, що виключає його зміщення під час роботи. Конструкція передбачає простий демонтаж або обслуговування у разі необхідності очищення чи ремонту.

Роторно-ножова система подрібнювача (2.4) складається з двох паралельних валів, на яких встановлено ріжучі диски (ножі) та розділові шайби. Вали розміщені у міцному корпусі та обертаються назустріч один одному, утворюючи активну зону подрібнення, куди потрапляє завантажений матеріал. Кожен вал оснащений набором дискових ножів, які мають зубчасту форму ріжучої кромки. Ножі встановлюються з певним зміщенням одне відносно одного, що забезпечує ефективне захоплення, подрібнення та розривання металевих і пластикових відходів. Між ножами розташовані розділові шайби, які задають точний міждисковий зазор та запобігають заклинюванню матеріалу.

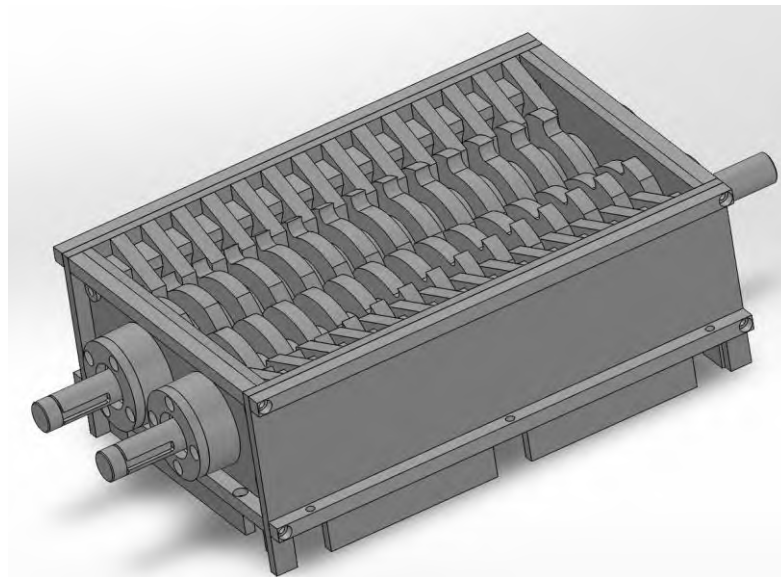


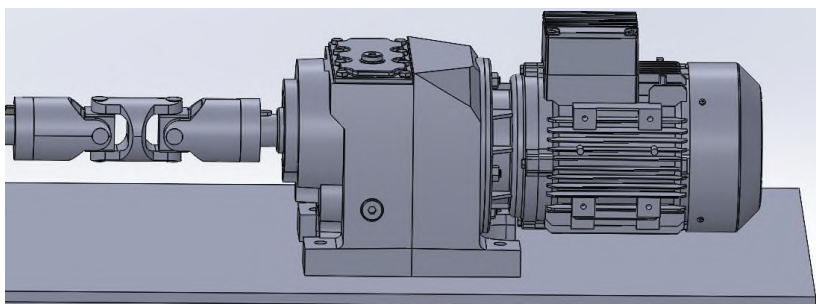
Рисунок 2.4 – Роторно-ножова система

Вали обертаються синхронно за рахунок зубчастої передачі з однаковими числами зубців коліс, розташованих на одному з торців корпусу подрібнювача. Передача крутного моменту від редуктора та електродвигуна здійснюється через шарнірну муфту, що забезпечує синхронну і рівномірну

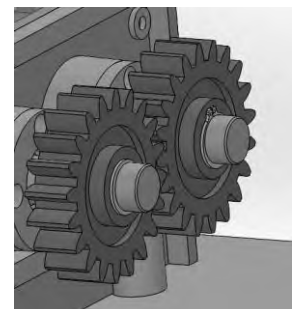
роботу обох валів. Вал роторно-ножової системи закріплений на рамі через опорні підшипники, які сприймають радіальні та осьові навантаження, що виникають під час подрібнення. Конструкція передбачає можливість технічного обслуговування: ножі можна знімати для заточування або заміни, а корпус – розбирати для очищення від залишків матеріалу.

Корпус робочого органу подрібнювача (рис. 2.4) являє собою міцну металеву коробчасту конструкцію, що забезпечує надійне розміщення та фіксацію роторно-ножової системи. Він складається з двох масивних бічних стінок, між якими розташовані робочі вали з ріжучими дисками. Бічні стінки мають отвори для встановлення валів, співвісно із ними приварені розбірні корпуси підшипників, у яких обертаються вали, а також розбірні кріплення для фіксації корпусу на рамі. Зовнішня частина корпусу оснащена технологічними отворами для монтажу та обслуговування вузлів, а також для кріплення бункера завантаження. Верхня і нижня частини корпусу виконані відкритими для забезпечення доступу до роторно-ножової системи під час експлуатації та обслуговування, очищення чи заміни ножів.

Внутрішній простір корпусу розрахований таким чином, щоб забезпечити оптимальний зазор між ножами та стінками, що дозволяє ефективно подрібнювати як металеві, так і пластикові відходи, не допускаючи заклинювання чи надмірного зносу елементів.



а)



б)

Рисунок 2.5 – Приводна система подрібнювача
а) ведуча частина; б) проміжна зубчаста передача

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		18

Приводна система подрібнювача металевих та пластикових відходів складається з трьох основних вузлів: електродвигуна, мотор-редуктора та шарнірної муфти, які спільно забезпечують передачу крутного моменту на роторно-ножову систему.

На рамі подрібнювача встановлено електродвигун, який є джерелом обертального руху. Двигун жорстко закріплений на фланці мотор-редуктора, що дозволяє уникнути небажаних вібрацій та забезпечує точне центрування. Мотор-редуктор знижує частоту обертання електродвигуна до необхідного робочого рівня, одночасно підвищуючи крутний момент, необхідний для ефективного подрібнення твердих матеріалів. Від мотор-редуктора крутний момент передається через шарнірну муфту на вхідний вал роторно-ножового блоку. Шарнірна муфта компенсує можливі осьові та радіальні зміщення між мотор-редуктором і ротором, забезпечуючи плавну та надійну роботу всієї системи навіть при незначних перекосах або вібраціях. На вихідних кінцях валів встановлено зубчасті колеса, які синхронізують обертання двох робочих валів роторно-ножової системи. Завдяки такій схемі приводна система гарантує рівномірний розподіл навантаження, стабільну роботу подрібнювача та захист від перевантажень. Конструкція приводної системи передбачає легкий доступ до всіх її компонентів для обслуговування та ремонту, а також жорстке кріплення до рами для забезпечення стійкості під час роботи.

Тож принцип роботи подрібнювача металевих та пластикових відходів полягає у механічному подрібненні сировини шляхом її захоплення та розривання роторно-ножовою системою, що приводиться в дію через багатоступеневу приводну лінію. Відходи завантажуються у бункер, стінки якого сконструйовані під кутом для спрямування матеріалу до ріжучої зони та запобігання зависанню. Під дією власної ваги або легкого поштовху сировина потрапляє у простір між двома паралельними валами, на яких встановлені спеціальні дискові ножі з чергуванням ріжучої кромки. Крутний момент на роторно-ножову систему передається від електродвигуна через мотор-

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

редуктор, що знижує оберти та підвищує тягу, а далі через шарнірну муфту, яка компенсує можливі перекоси та вібрації. Зубчасті колеса на вихідних кінцях валів забезпечують синхронне обертання ріжучих елементів назустріч один одному, створюючи ефективну зону захоплення та подрібнення матеріалу. Коли відходи потрапляють між ножами, вони захоплюються, стискаються і розрізаються завдяки великому зусиллю, що розвивається приводом, і особливій формі ріжучих елементів.

Подрібнений матеріал проходить крізь зазори між ножами та падає вниз, звідки може бути зібраний у спеціальний контейнер або транспортуватися далі для наступної обробки. Вся система встановлена на жорсткій металевій рамі, що забезпечує стійкість і мінімізує вібрації під час роботи. Конструкція дозволяє легко обслуговувати ключові вузли, зокрема очищати робочу зону, замінювати або заточувати ножі, а також проводити регламентне технічне обслуговування приводної частини. Такий підхід забезпечує безперервний і надійний процес подрібнення широкого спектра відходів з різними фізико-механічними властивостями.

Конструкція подрібнювача металевих та пластикових відходів має низку суттєвих переваг порівняно з типовими аналогами. Вона вирізняється жорсткою та надійною рамою, виготовленою зі зварних квадратних труб, що забезпечує високу стійкість до вібрацій і навантажень при роботі з твердими матеріалами. Всі основні вузли — роторно-ножова система, приводна частина та бункер — розташовані відкрито, що значно полегшує доступ для обслуговування, очищення і ремонту, а також спрощує заміну окремих компонентів у разі необхідності. Привідна система з мотор-редуктором і шарнірною муфтою гарантує ефективну передачу крутного моменту на ріжучі вали, компенсує можливі перекоси та знижує знос трансмісії, що особливо важливо для тривалої та безперебійної експлуатації обладнання. Зубчасті колеса, розташовані зовні корпусу робочого органу, забезпечують синхронізовану роботу двох валів, завдяки чому матеріал рівномірно

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

захоплюється і подрібнюється, а ризик заклинювання чи перевантаження суттєво зменшується. Прозорий завантажувальний бункер дозволяє оператору контролювати процес подачі матеріалу та рівень заповнення, що підвищує безпеку і зручність використання. Завдяки універсальності конструкції подрібнювач здатний ефективно працювати з різними видами відходів – як металевими, так і пластиковими, що робить його придатним для широкого спектра виробничих завдань. Усі ці переваги у комплексі забезпечують високу надійність, продуктивність, простоту експлуатації та обслуговування обладнання, а також тривалий термін служби навіть у складних виробничих умовах.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок та крутного моменту на валу подрібнювача

Необхідну силу різання для подрібнення металевих відходів можна розрахувати користуючись формулою для визначення міцності матеріалу на зсув [21]

$$F = [\tau] \cdot s \cdot B, \quad (3.1)$$

де $[\tau] = 20$ – границя міцності низьковуглецевих сталей при зсуві, МПа[21];

s – товщина металу, мм;

B – ширина різу, мм.

Шредер передбачає подрібнення сталевих відходів товщиною до 1 мм, при цьому максимальна ширина різу складе 8 мм для кожної пари ножів, в сумі $14 \times 8 = 112$ мм, тоді сила різання складе

$$F = [\tau] \cdot s \cdot B = 200 \cdot 1 \cdot 112 = 22,4 \text{ кН}.$$

Діаметр ножів на подрібнювачі складає $d = 140$ мм, тоді необхідний крутний момент на валу складе

$$T = F \cdot \frac{d}{2} = 22,4 \cdot 10^3 \cdot 0,07 = 1568 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.2)$$

3.2 Кінематичний розрахунок приводу подрібнювача

Необхідна потужність на роторному валу [22,23]

$$P_3 = \omega_3 T_3, \quad (3.3)$$

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

де ω_3 – кутова швидкість різального валу.

Враховуючи частоту обертання валу шредера 12 об/хв

$$\omega_3 = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 12}{60} = 1,25 \text{ рад}^{-1}. \quad (3.4)$$

Тоді

$$P_3 = \omega_3 T_3 = 1,25 \cdot 1568 = 1960 \text{ Вт}. \quad (3.5)$$

Потужності на інших валах приводу

$$P_2 = \frac{P_3}{\eta_{з.п} \cdot \eta_{п.коч}} = \frac{1960}{0,98 \cdot 0,99^4} = 2,04 \text{ кВт} \quad (3.6)$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_{ш.м} \cdot \eta_{п.коч}} = \frac{2,04}{0,97 \cdot 0,99^2} = 2,18 \text{ кВт}$$

де $\eta_{з.п} = 0,98$, $\eta_{ш.м} = 0,97$, $\eta_{п.коч} = 0,99$ – коефіцієнти корисної дії, відповідно, зубчастої передачі, шарнірної муфти та підшипників кочення [22,23].

Враховуючи, що зубчаста циліндрична передача має передаточне число $i_{з.п} = 1$, визначимо частоту обертання на валу мотора редуктора

$$n_1 = \frac{30\omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 1,25}{3,14} = 12 \text{ об/хв}. \quad (3.7)$$

Виходячи із здійсненого розрахунку та враховуючи допустиме перевантаження електродвигуна 10% обираємо мотор-редуктор планетарний ЗМП-63-12,5-2,2 ГОСТ 15150-69.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

3.3 Розрахунок прямозубої відкритої циліндричної передачі

Необхідно розрахувати відкриту прямозубу нереверсивну передачу за такими даними: $P_1 = 2,04$ кВт; $N_1 = 12,5$ хв⁻¹; $u = 1$; $T_1 = 1568$ Н·м.

Термін служби передачі $H = 7 \cdot 365 \cdot 24 \cdot K_{доб} \cdot K_{річ} = 7 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,5 \cdot 0,38 = 12650$ год.

3.3.1 Вибираємо матеріал зубчастих коліс і термообробку.

Для виготовлення шестерні та колеса приймаємо відносно дешеву леговану сталь 40Х із термообробкою – поліпшення [26,27]. За даними [26,27] приймаємо для шестерні твердість поверхні зубців $H_1 = 269 \dots 302$ НВ (найбільш імовірна твердість $H_1 = 280$ НВ), $\sigma_{Bl} = 900$ МПа, $\sigma_{Tl} = 750$ МПа. Для зубчастого колеса твердість поверхні зубців $H_2 = 235 \dots 262$ НВ (найбільш імовірна твердість $H_1 = 245$ НВ), $\sigma_{B2} = 790$ МПа, $\sigma_{T2} = 640$ МПа.

Сумарне число циклів навантаження зубців шестерні та колеса за термін служби передачі:

$$N_{\Sigma 1} = 60 \cdot N_1 \cdot H = 60 \cdot 193,1 \cdot 11650 = 8,5 \cdot 10^7; \quad (3.8)$$

$$N_{\Sigma 2} = 60 \cdot N_2 \cdot H = 60 \cdot 64,3 \cdot 11650 = 2,8 \cdot 10^7. \quad (3.9)$$

Еквівалентні числа циклів навантаження зубців шестерні та колеса для розрахунку на контактну втому N_{HE} і для розрахунків на втому при згині N_{FE} із коефіцієнтами інтенсивності $K_{HE} = 0,50$ і $K_{FE} = 0,30$ [26,27] – для добового графіка №2.

$$N_{HE1} = K_{HE} \cdot N_{\Sigma 1} = 0,50 \cdot 8,5 \cdot 10^7 = 4,5 \cdot 10^7; \quad (3.10)$$

$$N_{HE2} = K_{HE} \cdot N_{\Sigma 2} = 0,50 \cdot 2,8 \cdot 10^7 = 1,95 \cdot 10^6; \quad (3.11)$$

$$N_{FE1} = K_{FE} \cdot N_{\Sigma 1} = 0,30 \cdot 8,5 \cdot 10^7 = 3,0 \cdot 10^7; \quad (3.12)$$

$$N_{FE2} = K_{FE} \cdot N_{\Sigma 2} = 0,30 \cdot 2,8 \cdot 10^7 = 7,5 \cdot 10^6. \quad (3.13)$$

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Границі контактної витривалості зубців шестерні та колеса будуть такими:

$$\sigma_{HlimB1} = 2 \cdot H_1 + 70 = 2 \cdot 280 + 70 = 740 \text{ МПа}; \quad (3.14)$$

$$\sigma_{HlimB2} = 2 \cdot H_2 + 70 = 2 \cdot 245 + 70 = 550 \text{ МПа}. \quad (3.15)$$

Базу випробувань для матеріалу шестерні та колеса визначаємо за формулами:

$$N_{HO1} = 30 \cdot H_1^{2,4} = 30 \cdot 280^{2,4} = 2,28 \cdot 10^7; \quad (3.16)$$

$$N_{HO2} = 30 \cdot H_2^{2,4} = 30 \cdot 245^{2,4} = 1,69 \cdot 10^7. \quad (3.17)$$

Оскільки $N_{HO1} < N_{HE1}$ і $N_{HO2} < N_{HE2}$, то коефіцієнт довговічності для зубців шестерні та колеса $K_{HL} = 1$.

Допустимі контактні напруження для зубців шестерні та колеса при коефіцієнті $Z_R = 1$ (шорсткість поверхонь зубців 1,25...0,63) та коефіцієнті запасу $S_H = 1,1$ знаходимо за формулами:

$$[\sigma]_{H1} = \sigma_{HlimB1} \cdot Z_R \cdot K_{HL} / S_H = 740 \cdot 1 \cdot 1 / 1,1 = 668 \text{ МПа}; \quad (3.18)$$

$$[\sigma]_{H2} = \sigma_{HlimB2} \cdot Z_R \cdot K_{HL} / S_H = 550 \cdot 1 \cdot 1 / 1,1 = 509 \text{ МПа}. \quad (3.19)$$

Для зубців передачі розрахункове допустиме контактне напруження становить:

$$\sigma_{HP} = 0,45 \cdot ([\sigma]_{H1} + [\sigma]_{H2}) = 0,45 \cdot (668 + 509) = 518 \text{ МПа}. \quad (3.20)$$

Границі витривалості зубців при згині для бази випробувань $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ [26,27]:

$$\sigma_{Flimb1} = 1,8 \cdot H_1 = 1,8 \cdot 280 = 514 \text{ МПа}; \quad (3.21)$$

$$\sigma_{Flimb2} = 1,8 \cdot H_2 = 1,8 \cdot 245 = 449 \text{ МПа}; \quad (3.22)$$

Оскільки $N_{FO} < N_{FE1}$ і $N_{FO} < N_{FE2}$, то коефіцієнт довговічності для зубців шестерні та колеса $K_{FL} = 1$.

Коефіцієнт $K_{FC} = 1$ – нереверсивна передача.

Коефіцієнт $S_F = 2,2$ – коефіцієнт запасу.

Допустиме напруження на згин для зубців шестерні та колеса:

$$\sigma_{F1} = \sigma_{Flim1} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL} / S_F = 514 \cdot 1 \cdot 1 / 2,2 = 239 \text{ МПа}; \quad (3.23)$$

$$\sigma_{F2} = \sigma_{Flim2} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL} / S_F = 449 \cdot 1 \cdot 1 / 2,2 = 210 \text{ МПа}. \quad (3.24)$$

3.3.2 Проектний розрахунок передачі.

Приймаємо коефіцієнт ширини вінця $\psi_{ba} = 0,40$ і відповідно

$$\psi_{bd} = 0,5 \cdot \psi_{ba} \cdot (u+1) = 0,5 \cdot 0,40 \cdot (1+1) = 0,4. \quad (3.25)$$

За графіками [22,23] залежно від ψ_{bd} визначаємо коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців – $K_{H\beta} = 1,08$.

Допоміжний коефіцієнт $K_a = 430 \text{ МПа}^{1/3}$ для сталевих косозубих коліс.

Мінімальна міжосьова відстань передачі:

$$\begin{aligned} a_{\omega \min} &= K_a \cdot u + 1 \cdot \sqrt[3]{T_{1H} \cdot K_{H\beta} / u \cdot \psi_{ba} \cdot \sigma_H^2} = \\ &= 430 \cdot 3 + 1 \cdot \sqrt[3]{1586 \cdot 1,08 / 3 \cdot 0,4 \cdot 528^2} = 108,8 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (3.26)$$

Приймаємо фактичну міжосьову відстань 140 мм.

Кут нахилу лінії зубців попередньо приймаємо $\beta = 10^\circ$.

Число зубців шестерні $Z_1 = 20$, а число зубців колеса: $Z_2 = u \cdot Z_1 = 1 \cdot 20 = 20$.

Модуль зубців

$$m_N' = 2 \cdot a_{\omega} \cdot \cos \beta / (Z_1 + Z_2) = 2 \cdot 140 \cdot \cos 10^\circ / (20 + 20) = 5,2. \quad (3.27)$$

Стандартний модуль зубців $m_n = 5,5$ мм.

Фактичний кут нахилу лінії зубців:

$$\cos \beta = m_n \cdot (Z_1 + Z_2) / 2 \cdot a_{\omega} = 5 \cdot (20 + 20) / 2 \cdot 140 = 1, \quad (3.28)$$

$$\beta = 0.$$

Ділильні діаметри шестерні та колеса:

$$d_1 = m_n \cdot Z_1 / \cos \beta = 5,5 \cdot 20 / 1 = 125 \text{ мм}; \quad (3.29)$$

$$d_2 = m_n \cdot Z_2 / \cos \beta = 5,5 \cdot 20 / 1 = 125 \text{ мм}. \quad (3.30)$$

Ширина зубчастих вінців:

$$b_2 = \psi_{ba} \cdot a_{\omega} = 0,4 \cdot 125 = 40 \text{ мм}. \quad (3.31)$$

Приймаємо $b_2 = 40$ мм.

$$b_1 = b_2 + 3 = 40 + 3 = 43 \text{ мм}. \quad (3.32)$$

Знаходимо колову швидкість зубчастих коліс:

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 12,5}{60 \cdot 1000} = 1,25 \text{ м/с}. \quad (3.33)$$

За даними [22,23] вибираємо 9-й ступінь точності ($N_{ст} = 9$) для всіх показників точності зубчастих коліс та передачі.

Коефіцієнт торцевого перекриття:

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\varepsilon_{\alpha} = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{60} \right) \right] \cdot 1 = 1,7. \quad (3.34)$$

Коефіцієнт осьового перекриття:

$$\varepsilon_{\beta} = b_2 + \sin \beta / (\pi \cdot m_n) = 50 + \sin 0 / (3,14 \cdot 5) = 0,66. \quad (3.35)$$

Колова сила у зачепленні зубчастих коліс:

$$F_t = F_{Ht} = F_{Ft} = 2 \cdot T_1 / d_1 = 2 \cdot 1586 \cdot 10^3 / 100 = 31,72 \text{ кН}. \quad (3.36)$$

3.3.3 Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну втому.

Для розрахунку попередньо визначимо такі коефіцієнти[22,23]:

$Z_M = 275 \text{ МПа}^{1/2}$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс;

$Z_H = 1,77 \cdot \cos \beta = 1,77 \cdot 1 = 1,77$ – коефіцієнт форми спряжених поверхонь зубців;

$Z_{\varepsilon} = \sqrt{(4 - \varepsilon_{\alpha}) / 3} = \sqrt{(4 - 1,7) / 3} = 0,781$ – коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній при $\varepsilon_{\beta} \leq 0,9$.

$K_{H\alpha} = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцями;

$$K_{H\beta} = 1,08;$$

$K_{HV} = 1,01$ – коефіцієнт динамічного навантаження.

Питома розрахункова колова сила:

$$\omega_{Ht} = (F_t / b_2) K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} = (31720 / 50) \cdot 1,13 \cdot 1,08 \cdot 1,01 = 250 \text{ Н/мм}. \quad (3.37)$$

Розрахункове контактне напруження:

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\sigma_H = Z_H \times Z_M \times Z_\varepsilon \sqrt{\frac{\omega_{Ht} (u + 1)}{d_1 \times u}} =$$

$$= 275 \times 1,73 \times 0,775 \sqrt{\frac{250 \times (3 + 1)}{137,5 \times 3}} = 377,6 \text{ МПа} \quad (3.38)$$

Стійкість зубців проти втомного викришування їхніх активних поверхонь забезпечується, оскільки:

$$\sigma_H = 377,6 \text{ МПа} < [\sigma]_H = 528 \text{ МПа}.$$

Розрахунок зубців на втому при згині[26,27]:

$$Y_{F1} = 4,01 \text{ (при } Z_1 = Z_1 / \cos^3 \beta = 50 / (1)^3 \approx 50; x_1 = 0);$$

$$Y_{F2} = 3,62 \text{ (при } Z_2 = Z_2 / \cos^3 \beta = 50 / (1)^3 \approx 50; x_2 = 0).$$

$Y_\varepsilon = 1$ - коефіцієнт перекриття зубців;

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140} = 1 - \frac{90}{140} = 0,357 \text{ - коефіцієнт нахилу зубців;}$$

$$K_{F\alpha} = [4 + (\varepsilon_\alpha - 1) \cdot (n_{ct} - 5)] / 4 \cdot \varepsilon_\alpha = [4 + (1,7 - 1) \cdot (9 - 5)] / 4 \cdot 1,7 = 1 \text{ - коефіцієнт,}$$

що враховує розподіл навантаження між зубцями.

$K_{F\beta} = 1,16$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців;

$K_{FV} = 1,04$ – коефіцієнт динамічного навантаження.

$$\omega_{Ft} = (F_t / b_2) K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} = (31720/100) \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,04 = 382 \text{ Н/мм.} \quad (3.39)$$

Розрахункове напруження згину у зубцях шестерні та колеса:

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\sigma_{F1} = \frac{Y_{F1} \cdot Y_{\varepsilon} \cdot Y_{\beta} \cdot \omega_{Ft}}{m_n} = \frac{4,01 \cdot 1 \cdot 0,917 \cdot 382}{5} =$$

$$= 191,9 \text{ МПа} < [\sigma]_{F1} = 229 \text{ МПа} \quad (3.40)$$

$$\sigma_{F2} = \frac{Y_{F2} \cdot Y_{\varepsilon} \cdot Y_{\beta} \cdot \omega_{Ft}}{m_n} = \frac{3,62 \cdot 1 \cdot 0,917 \cdot 382}{5} =$$

$$= 191,9 \text{ МПа} < [\sigma]_{F2} = 200 \text{ МПа} \quad (3.41)$$

3.3.4 Геометричний розрахунок передачі.

Визначаємо діаметри коліс, мм:

ділильні

$$d_1 = m_n \cdot Z_1 / \cos \beta = 5,5 \cdot 20/1 = 125 \text{ мм}; \quad (3.42)$$

$$d_2 = m_n \cdot Z_2 / \cos \beta = 5,5 \cdot 20/1 = 125 \text{ мм}; \quad (3.43)$$

вершин зубців

$$d_{a1} = d_1 + 2m_n = 125 + 2 \cdot 5,5 = 136 \text{ мм}; \quad (3.44)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m_n = 125 + 2 \cdot 5,5 = 136 \text{ мм}; \quad (3.45)$$

западин

$$d_{F1} = d_1 - 2,5 m_n = 125 - 5,5 \cdot 2,5 = 111,25 \text{ мм}; \quad (3.46)$$

$$d_{F2} = d_2 - 2,5 m_n = 125 - 2,5 \cdot 5,5 = 111,25 \text{ мм}. \quad (3.47)$$

3.3.5 Силовий розрахунок передачі

Колова сила на середньому діаметрі шестерні, Н:

$$F_t = 2 \cdot 10^3 \frac{2T_1}{d_{m1}} = 2 \cdot 10^3 \frac{1568}{125} = 25088. \quad (3.48)$$

Радіальна сила на шестерні, Н:

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$F_{r1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cos \delta_1 = 25088 \cdot 0,364 \cdot 0,9533 = 8705. \quad (3.49)$$

Осьова сила на шестерні, Н:

$$F_{a1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \sin \delta_1 = 1568 \cdot 0,364 \cdot 0,3018 = 956,3;$$

$$|F_{r1}| = |F_{a2}|; \quad |F_{a1}| = |F_{r2}|.$$

3.4 Розрахунок підшипників роторних валів

Проведемо розрахунок на основі таких вихідних даних: реакція найбільш навантаженої опори – 555 Н, діаметр цапф валу для підшипників – $d_n = 40$ мм, кутова швидкість валу – $\omega = 1,25$ рад/с, необхідна довговічність підшипників $L_h = 11650$ год при 90% надійності, типовий режим навантаження валу – важкий (В), короточасні перевантаження до 120%, робоча температура підшипників до 50 °С.

На даній схемі більш навантаженою є опора розміщена з боку ведучої зірочки. Оскільки навантаження на вал досить значне слід орієнтуватися на підшипники середньої серії. Попередньо приймаємо кулькові радіальні підшипники 6908, для яких з довідника [22, 23] маємо:

- базова статична вантажопідйомність $C_0 = 8000$ Н;
- базова динамічна вантажопідйомність $C_r = 12700$ Н.

Для типового режиму навантаження В коефіцієнт інтенсивності $K_E = 0,8$ [22, 23].

Відповідно до умов роботи підшипників отримаємо [22, 23]: $V = 1$ – обертається внутрішнє кільце; $K_6 = 1,5$ – коефіцієнт безпеки при короточасних перевантаженнях до 120%; $K_T = 1$ – температурний коефіцієнт при робочій температурі підшипників до 100°С.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Максимально можливе радіальне навантаження на підшипник $F_T = 26555$ Н.

Осьове навантаження F_A відсутнє. Для визначення коефіцієнтів X і Y знаходимо відношення $F_A / C_o = 0 / 16000 = 0$. За [22, 23] параметр осьового навантаження: $e = 0,19$.

Оскільки відношення $F_A / (V \cdot F_T) = 0 / (1 \cdot 555) = 0 > e = 0,23$, то за [22, 23] маємо: $X = 0,56$; $Y = 2,3$.

Розрахункове еквівалентне навантаження на підшипник:

$$R = (X \cdot V \cdot F_T + Y \cdot F_A) \cdot K_6 \cdot K_T = \\ = (0,56 \cdot 1 \cdot 555 + 2,3 \cdot 0) \cdot 1,5 \cdot 1 = 466,2 \text{ Н.} \quad (3.50)$$

З урахуванням режиму навантаження протягом строку служби:

$$R_E = K_E \cdot R = 0,8 \cdot 466,2 = 372,96 \text{ Н.} \quad (3.51)$$

Для 90%-ї надійності: коефіцієнт $a_1=1$, а для звичайних умов експлуатації коефіцієнт $a_{23} = 0,8$ [22, 23].

З врахуванням встановлення підшипників в парі її динамічна вантажопідйомність складе [22, 23]

$$C_{Тп} = C_T^{7/9} = 1,65 \times 12700 = 20955 \text{ Н.} \quad (3.52)$$

Розрахункова довговічність, млн. об[22,23]:

$$L = a_1 \cdot a_{23} \cdot (C_T / R_E)^p = 1 \cdot 0,8 \cdot (20955 / 372,96)^3 = 56,18, \quad (3.53)$$

де $p = 3$ – показник ступеня для кулькових підшипників.

Розрахункова довговічність підшипника[22,23]:

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$L_h = 1745 \cdot L / \omega = 1745 \cdot 56,18 / 1,25 = 66294 \text{ год.} \quad (3.54)$$

Отже попередньо вибрана пара підшипників 6006 для опор роторного валу має довговічність більшу від потрібної.

3.5 Розрахунок шпонкового з'єднання

Розрахунок проведемо на основі таких вихідних даних: максимальний обертовий момент, що передає з'єднання – $T_2 = 1586 \text{ Н}\cdot\text{м}$; діаметр вала на якому встановлено шків – $d = 30 \text{ мм}$.

За діаметром вала згідно зі стандартом вибираємо такі розміри з'єднання: ширина шпонки – $b = 10 \text{ мм}$, висота шпонки – $h = 8 \text{ мм}$, глибина паза на валу – $t_1 = 5 \text{ мм}$, глибина паза у маточині шківів – $t_2 = 3,3 \text{ мм}$.

Допустиме напруження зминання для сталі $[\sigma]_{зм} = 100 \text{ МПа}$ [26, 27].

Обчислюємо необхідну робочу довжину шпонки:

$$l_0 = \frac{2T_2}{[d(h-t_1)[\sigma_{зм}]]} = \frac{2 \cdot 1586}{[3 \cdot 10^{-2} (0,008 - 0,005) 10^8]} = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ м} \quad (3.55)$$

Повна довжина шпонки:

$$l = l_0 + b = 38 + 10 = 48 \text{ мм.} \quad (3.56)$$

За стандартом приймаємо: $l = 50 \text{ мм}$.

Отже задане з'єднання можна здійснити призматичною або клиновидною шпонкою 10x8x50 DIN 6887.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори

Нові форми організації праці, поява нових структур соціальних відносин в суб'єктах господарювання та інші подібні процеси кидають виклик фахівцям з охорони праці. Це змушує їх застосовувати інноваційні підходи та методи роботи з персоналом.

Розробка таких методів забезпечення безпеки праці повинна ґрунтуватися на науково обґрунтованих інструментах, створених на основі передового досвіду зарубіжних країн. Питання забезпечення безпеки праці стає особливо актуальним як серед вітчизняних, так і зарубіжних фахівців у сфері охорони праці.

Це також потребує тісної співпраці між науковими установами та підприємствами для адаптації існуючих методів до сучасних реалій.

Розробка конструкції подрібнювача пластикових та металевих відходів проводилось у кімнаті, оснащій комп'ютеризованими робочими місцями. На розробника, згідно з ДСанПіН «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», впливали такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

- Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони.
- Підвищений рівень шуму на робочому місці.
- Підвищена чи понижена вологість повітря.
- Підвищений рівень статичної електрики.
- Підвищений рівень електромагнітного випромінювання.
- Пряма і відбита блискість.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

- Підвищена або понижена яскравість освітлення.
- Понижена контрастність між об'єктами.

2. Психофізіологічні:

- Розумове перевантаження зумовлене інтенсивною розумовою діяльністю.
- Перенапруга аналізаторів із втомою органів чуття (зору, слуху).
- Статичне перевантаження спричинене тривалим перебуванням в одній позі.

4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Робота пов'язана із розробкою конструкції подрібнювача пластикових та металевих відходів передбачає використання комп'ютерної техніки та периферійних пристроїв. Вимоги безпеки та охорони здоров'я при використанні комп'ютерної техніки регулюються стандартами, встановленими у наказі Міністерства соціальної політики від 14.02.2018 № 207 (НПАОП 0.00-7.15-18). Під час організації такого робочого місця слід вибирати обладнання, яке не створює надмірного шуму і не випромінює зайвого тепла. Робочі місця мають бути спроектовані так, щоб працівники мали достатньо простору для зміни позиції та виконання рухів. Роботодавець зобов'язаний організувати внутрішні регламентовані перерви для відпочинку відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Організація робочого простору з комп'ютером має забезпечувати комфортну позу працівника та сприяти збереженню його здоров'я, зокрема зору та хребта. Робочі столи рекомендується розташовувати так, щоб природне світло падало зліва. Норми площі на одне робоче місце залежать від типу приміщення та потреб працівника, зокрема людей з інвалідністю, які використовують крісла-коляски. У приміщеннях з комп'ютерами повинні бути

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

аптечки першої медичної допомоги, а у виробничих приміщеннях необхідно облаштувати кімнати для відпочинку та психологічного розвантаження. У разі використання великогабаритного обладнання площа приміщення може бути збільшена.

4.2.1 Мікроклімат

Комфортний мікроклімат на робочому місці (температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря та природне освітлення зліва) сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню втоми та ризику професійних захворювань. Оптимальні параметри мікроклімату забезпечують нормальну терморегуляцію організму, запобігають перегріву або переохолодженню, підтримують здоров'я очей та дихальної системи.

Роботи за енерговитратами відносяться до категорії І б (легка, роботи, що виконуються сидячи, або пов'язані із ходьбою, але не потребують систематичного напруження або піднімання та перенесення вантажів). Енерговитрати за таких робіт відповідно складають 105...140 Дж/с (І а) та 138...174 Дж/с (І б). Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Дійсні та допустимі параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура		Вологість		Швидість	
		дійсн	допуст	дійсн.	допуст	дійсн.	допуст
Холодний	І б	15-19	15-21	60-75	75	0,2-0,4	0,4
Теплий		20-25	16-27	60-75	70	0,2-0,4	0,2-0,5

Для забезпечення комфортного мікроклімату на робочому місці де здійснюється розробка конструкції подрібнювача пластикових та металевих

відходів, крім підтримання оптимальних параметрів температури, вологості та швидкості руху повітря, рекомендується:

- Використовувати кондиціонери або вентилятори для регулювання температури та циркуляції повітря, особливо в спекотну пору року.
- Застосовувати зволожувачі повітря взимку, коли опалення сушить повітря.
- Регулярно провітрювати приміщення, щоб забезпечити приплив свіжого повітря.
- Використовувати жалюзі або штори для регулювання природного освітлення та захисту від прямих сонячних променів.
- Розміщувати робоче місце подалі від джерел тепла або холоду, таких як батареї, кондиціонери або вікна.
- Підтримувати чистоту на робочому місці, регулярно видаляючи пил та бруд, які можуть погіршувати якість повітря.
- Забезпечити достатнє освітлення робочого місця, використовуючи лампи денного світла або світлодіодні лампи з нейтральним білим світлом.

4.2.2 Повітря робочої зони

Нормальний склад повітря робочої зони розробника повинен відповідати гігієнічним нормативам, встановленим законодавством України. Це означає, що вміст шкідливих речовин у повітрі не повинен перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК).

Допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони:

- Вуглекислий газ (CO_2): не більше 0,1% (1000 ppm)
- Озон (O_3): не більше 0,1 мг/м³
- Формальдегід (HCHO): не більше 0,003 мг/м³
- Фенол ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$): не більше 0,3 мг/м³

Для забезпечення нормального складу повітря слід:

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

– Забезпечити ефективну вентиляцію приміщення, використовуючи природну або примусову вентиляцію. Регулярно провітрювати приміщення, особливо після використання оргтехніки, яка може виділяти шкідливі речовини.

– Використовувати оргтехніку та меблі з низьким рівнем виділення шкідливих речовин.

– Використовувати очищувачі повітря з HEPA-фільтрами та фільтрами з активованим вугіллям для видалення пилу, алергенів та шкідливих газів.

Регулярно проводити моніторинг якості повітря робочої зони за допомогою спеціальних приладів або лабораторних досліджень.

Під час експлуатації оргтехніки відбувається іонізація повітря – це процес утворення позитивних та негативних іонів у повітрі під впливом різних факторів, таких як космічне випромінювання, електричні розряди, радіоактивні елементи тощо.

Нормативні рівні іонізації повітря у виробничих та громадських приміщеннях наведені в санітарних правилах і нормативах СанПіН 2.2.4.1294-03. Так рекомендовані рівні іонізації для робочих приміщень: 1000-5000 пар іонів на 1 см³ повітря.

Слід враховувати, що:

– Надлишок позитивних іонів може негативно впливати на здоров'я, викликаючи головний біль, втому, подразнення дихальних шляхів.

– Негативні іони вважаються корисними для здоров'я, оскільки вони сприяють покращенню самопочуття, підвищенню працездатності, зміцненню імунітету.

Оптимальний рівень іонізації повітря можна забезпечити:

– Регулярним провітрюванням приміщень.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

– Використанням зволожувачів повітря, які допомагають підтримувати оптимальний рівень вологості, що сприяє утворенню негативних іонів.

– Використання іонізаторів повітря може бути корисним для підвищення концентрації негативних іонів, особливо в приміщеннях з кондиціонерами або опаленням, які можуть знижувати природний рівень іонізації.

4.2.3 Опалення та вентиляція

Для забезпечення комфортних умов праці розробника необхідно підтримувати температуру повітря в приміщенні в рекомендованих межах (див. табл. 4.1) в теплий період, використовуючи терморегулятори. Важливо забезпечити рівномірний розподіл тепла по всьому приміщенню, уникаючи зон перегріву або переохолодження, за допомогою вентиляторів або системи «тепла підлога». Рекомендується віддавати перевагу сучасним, безпечним та енергоефективним системам опалення, регулярно їх перевіряючи та обслуговуючи.

Особливу увагу слід приділити вологості повітря, підтримуючи її в рекомендованих межах (див. табл. 4.1), та вентиляції приміщення, регулярно провітрюючи його або встановивши систему припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла. Необхідно враховувати індивідуальні особливості працівників, надаючи їм можливість регулювання температури на робочому місці.

Також рекомендується уникати використання обігрівачів з відкритим нагрівальним елементом, розміщувати робочі місця подалі від вікон та використовувати термоізоляційні матеріали для утеплення приміщення.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

4.2.4 Освітлення

Освітлення робочого місця розробника має бути комфортним, безпечним та ефективним, сприяючи збереженню зору та підвищенню продуктивності праці. Рівень освітленості є важливим аспектом: загальне освітлення має бути в межах 300-500 лк, місцеве освітлення для клавіатури та документів – 500 лк, а освітленість екрану не повинна перевищувати 300 лк. Важливо уникати відблисків на екрані монітора, використовуючи матові поверхні та розміщуючи джерела світла так, щоб вони не створювали відблисків. Освітлення має бути рівномірним по всій робочій поверхні, без різких тіней або зон переосвітлення. Рекомендується використовувати джерела світла з нейтральною або теплою білою колірною температурою (3000-4000 K) та коефіцієнтом пульсації світла не більше 10%.

Робоче місце має бути розташоване так, щоб природне світло падало зліва або спереду, використовуючи жалюзі або штори для регулювання його інтенсивності. Для штучного освітлення рекомендується комбінація загального та місцевого освітлення. Для загального освітлення підійдуть світлодіодні або люмінесцентні світильники з рівномірним розподілом світла, а для місцевого – настільні лампи з регульованим напрямком світла. Регулярне очищення світильників та вікон, перевірка та заміна ламп, а також врахування індивідуальних особливостей зору працівників допоможуть створити оптимальні умови для роботи з ПК.

4.2.5 Шум та вібрація

На робочому місці розробника джерелами шуму можуть бути системні блоки, вентилятори, принтери, сканери, клавіатури, кондиціонери, а також зовнішні фактори, такі як вуличний шум, робота зовнішнього обладнання, шум від транспорту, розмови колег, телефонні дзвінки. Вібрації зазвичай виникають від роботи жорстких дисків, вентиляторів та іншого обладнання.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Допустимий рівень шуму на робочому місці розробника не повинен перевищувати 50 дБА протягом робочого дня. Вібрації, що передаються на руки, не повинні перевищувати 120 дБ. Перевищення цих норм може призвести до негативних наслідків для здоров'я оператора, таких як зниження слуху, головний біль, підвищена стомлюваність, погіршення концентрації уваги, зниження продуктивності праці, а також до розвитку професійних захворювань.

Для зниження впливу шуму та вібрацій рекомендується:

- Використовувати тиху оргтехніку та обладнання з низьким рівнем вібрації.
- Розміщувати шумне обладнання (наприклад, принтери) в окремих приміщеннях або якомога далі від робочих місць.
- Використовувати звукоізоляційні матеріали для стін, стелі та підлоги.
- Встановлювати звукопоглинальні екрани або перегородки між робочими місцями.
- Використовувати антишумові навушники або беруші, якщо рівень шуму неможливо знизити іншими способами.
- Регулярно проводити технічне обслуговування та ремонт оргтехніки та обладнання для зниження рівня шуму та вібрації.
- Організовувати робочий процес таким чином, щоб мінімізувати необхідність використання шумного обладнання.
- Забезпечувати працівникам регулярні перерви для відпочинку та відновлення сил.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

Організація безпечних умов праці розробника включає комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків для здоров'я та створення комфортного робочого середовища. Технічні рішення відіграють важливу роль у цьому процесі.

Важливо забезпечити ергономічність робочого місця. Це включає використання регульованих столів і стільців, підставок для ніг, підлокітників, а також спеціальних клавіатур і мишок, які зменшують навантаження на кисті рук. Правильне розташування монітора на відстані витягнутої руки та на рівні очей також сприяє зниженню напруги очей і ший.

4.3.1 Електробезпека

Окрему увагу слід приділити електробезпеці. Важливо використовувати тільки справну оргтехніку та електропроводку, регулярно перевіряти їх стан та заземлення. Необхідно уникати перевантаження електромережі, використовуючи подовжувачі та розгалужувачі з урахуванням їхньої максимальної потужності. Також слід уникати контакту з оголеними проводами та вологими поверхнями при роботі з електроприладами.

Для забезпечення електробезпеки можна використовувати різні технічні рішення, такі як:

- Захисне відключення, що автоматично відключатиме електроживлення при виникненні витоку струму.
- Встановлення диференціального автоматичного вимикача, що поєднує в собі функції автоматичного вимикача та захисного відключення, забезпечуючи захист від перевантаження, короткого замикання та витоку струму.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

- Стабілізатори напруги, що захищають обладнання від перепадів напруги, які можуть призвести до його пошкодження.
- Джерела безперебійного живлення, забезпечують тимчасове електроживлення при відключенні електроенергії, дозволяючи зберегти дані та завершити роботу.

4.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека в приміщенні, де розташоване робоче місце розробника є критично важливою для забезпечення безпеки праці та збереження життя і здоров'я співробітників. Пожежі в таких приміщеннях, де активно використовується комп'ютерна техніка, можуть виникнути з різних причин, включаючи коротке замикання в електропроводці або обладнанні, перевантаження електромережі, неправильну експлуатацію електроприладів (наприклад, залишення увімкнених приладів без нагляду, використання пошкоджених кабелів або розеток), необережне поводження з вогнем (паління, використання відкритого полум'я поблизу легкозаймистих матеріалів) або самозаймання матеріалів (наприклад, паперу, тканини) внаслідок перегріву від сонячних променів або несправного обладнання.

Такі пожежі можуть мати різний характер, включаючи горіння твердих матеріалів (дерево, папір, пластик), рідких речовин (очисники та побутова хімія), газів (пропан, бутан, метан) або електрообладнання під напругою. Наслідки пожеж можуть бути катастрофічними, включаючи загибель або травмування людей внаслідок отруєння чадним газом, опіків або інших травм, матеріальні збитки (знищення майна, обладнання, документів), порушення роботи підприємства через втрату даних, обладнання та робочого часу, а також забруднення навколишнього середовища токсичними продуктами горіння.

У разі виникнення пожежі персонал повинен негайно сповістити пожежну службу за номером 101, повідомити про пожежу керівника та колег,

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

відключити електроживлення, якщо це безпечно, і спробувати загасити пожежу на початковій стадії за допомогою первинних засобів пожежогасіння. На кожному робочому місці має бути вогнегасник вуглекислотний або порошковий, а також протипожежне покривало з розрахунку 1 вогнегасник на 20 м² приміщення. Кількість засобів пожежогасіння залежить від площі приміщення та кількості робочих місць, і може бути збільшена у разі потреби. Після використання первинних засобів пожежогасіння або якщо пожежа не вдається контролювати, персонал повинен негайно евакуюватися з приміщення, дотримуючись плану евакуації.

Важливо, щоб всі працівники були ознайомлені з правилами пожежної безпеки та порядком дій при виникненні пожежі. Регулярні навчання та тренування з евакуації допоможуть персоналу діяти швидко та злагоджено у разі надзвичайної ситуації. Також необхідно забезпечувати своєчасну перевірку та перезарядку вогнегасників, не захаращувати проходи та евакуаційні виходи, а також дотримуватися правил експлуатації електроприладів та електропроводки, використовуючи лише справне обладнання та уникаючи перевантаження електромережі. Дотримання цих заходів допоможе створити безпечне робоче середовище та мінімізувати ризик виникнення пожеж.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

ВИСНОВКИ

В ході роботи було проведено аналіз сучасних технологій та обладнання для подрібнення і вторинної переробки, що підтвердив: подрібнювачі є ключовою ланкою у ланцюгу підготовки відходів до рециклінгу, забезпечуючи зменшення розмірів матеріалу, підвищення якості сортування та ефективність подальших технологічних процесів.

Розроблена конструкція поєднує жорстку просторову зварну раму, ергономічний прозорий бункер, ефективну роторно-ножову систему, надійний привод із мотор-редуктором і шарнірною муфтою, а також відкриту компоновку, що значно спрощує обслуговування, ремонт і модернізацію. Проведені розрахунки підтвердили відповідність основних вузлів вимогам міцності, довговічності та безпеки.

Завдяки універсальності конструкції подрібнювач може ефективно працювати як з металевими, так і з пластиковими відходами, що розширює сферу його застосування на підприємствах різного профілю – від пунктів збору вторсировини до промислових комплексів.

Врахування сучасних вимог до енергоефективності, безпеки праці, охорони довкілля та ергономіки робочого місця робить цю розробку актуальною для впровадження у виробничу практику.

Запропонована конструкція може стати основою для подальших інженерних розробок, автоматизації процесів та розширення функціоналу обладнання, що забезпечить її конкурентоспроможність на ринку і практичну цінність для підприємств різних галузей.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Переробка відходів пластику. *plast-lom.com.ua*. URL: <https://plast-lom.com.ua/pererobka-vidhodiv-plastiku/>.
2. Утилізація відходів поверхневої обробки металів і пластмас. *https://alphaeco.com.ua/*. URL: <https://alphaeco.com.ua/utilizatsiya-bezpechnik-vidkhodiv/vidkhodi-poverkhnevoji-obrobki-metaliv-i-plastmas>.
3. Опис методу екструзії пластичних мас 10 березня 2006 р. *https://etp.com.ua*. URL: <https://etp.com.ua/ua/articles/news-101>.
4. 9.2 Методи утилізації відходів машинобудування. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/2504724/page:2/>
5. Чому важливо утилізувати металобрухт. *https://cleanworld.in.ua*. URL: <https://cleanworld.in.ua/2022/10/23/why-it-is-important-to-dispose-of-scrap-metal/>.
6. Консультація : металобрухт і вторинна сировина. *IAC Консультант*. URL: <http://consultant.parus.ua/?doc=02CD2F8574>
7. Утилізація та рекуперація відходів. Методичні рекомендації до практичних занять. Укладачі: Кропивна А. В., Молокост Л.А.- Кропивницький, ЦНТУ, 2023, с. 140.
8. History of shredding machines. *AccuShred*. URL: <https://accushred.net/blog/shredding-machine-history/>
9. The fascinating history of the paper shredder – merlin shredding. *Merlin Shredding*. URL: <https://www.merlinshredding.com/blog/the-fascinating-history-of-the-paper-shredder> .
10. Подрібнювач для сміття і відходів (дерева, пластику, металу, плівки та ін.) (ID#1892740233), *prom.ua*. URL: <https://prom.ua/ua/p1892740233-izmelchitel-dlya-musora.html> .

11. Подрібнення пластику, обладнання для переробки пластику від виробника Харків, Україна. *ECOPOLYMER*. URL: <https://ecopolymer.com.ua/plastic/>

12. The 3 types of shredders - the shred truck. *The Shred Truck*. URL: <https://theshredtruck.com/blog/the-3-types-of-shredders/>.

13. Колисниченко В. Баланс ринку металобрухту ЄС – Інфографіка – GMK Center. *GMK*. URL: <https://gmk.center/ua/infographic/balans-rinku-metalobruhtu-ies/>.

14. Scrap metal recycling market share and statistics - 2034. *Market Research Reports | Business Intelligence Consulting - Fact.MR*. URL: <https://www.factmr.com/report/scrap-metal-recycling-market> .

15. Подрібнювачі пластику: призначення, види та особливості.. *Гранулятори, змішувачі, лінії гранулювання та інше сільськогосподарське обладнання*. URL: <https://tehnomashstroy.com.ua/ua/a508473-podribnyuvachi-plastiku-priznachennya.html> .

16. Shredder buying guide: security levels explained | kensington. *Kensington*. URL: <https://www.kensington.com/news/security-blog/how-to-choose-the-right-paper-shredder/>.

17. За час пандемії людство виробило близько 8 мільйонів тонн пластикових відходів - in4usa.com - Украинский информационный портал в США. *Самі свіжі події США. Головна сторінка in4usa.com - in4usa.com - Український інформаційний портал в США*. URL: <https://www.in4usa.com/novosti/za-chas-pandemii-ljudstvo-virobilo-blizko-8-miljoniv-tonn-plastikovich-vidhodiv/>.

18. Подрібнення металу. Обладнання для подрібнення металевої стружки. *RMP*. URL: <https://rmpbio.ua/katalog/pererobka-vidhodiv-mehanoobrobki/podribnennya/> .

19. Подрібнювачі пластику: призначення, види та особливості.. *Гранулятори, змішувачі, лінії гранулювання та інше сільськогосподарське*

обладнання. URL: <https://tehnomashstroy.com.ua/ua/a508473-podribnyuvachi-plastiku-priznachennya.html>.

20. Arjes ukraine. АРІЕС-УКРАЇНА.
URL: <https://arjes.com.ua/dvokhvalni-promyslovi-podribniuvachi/>.

21. Чихладзе Е.Д. Опір матеріалів: Підручник для студентів будівельних спеціальностей транспортних вузів. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 366 с., рис. 227, табл. 18.

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

23. Деталі машин. Розрахунок та конструювання : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов, О. І. Дубинець, О.І. Пилипенко, А. В. Гайдамака, С. Л. Панов, А. С. Столбовий. – Київ : Талком, 2014. – 684 с.

24. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com.ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

25. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

26. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		48

27. ДСан ПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/derz-nor4881.html>

28. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

29. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Електронний ресурс] – Режим доступу до сторінки: http://hrliga.com/index.php?module=norm_base&op=view&id=819

30. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

31. СанПіН 2.2.4.1191-03 «Електромагнітні поля у виробничих умовах» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.vrednost.ru/2241191-03.php>

32. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

33. Наказ МВС України № 1417 від 30.12.2014 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>

34. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека Загальні положення. Київ ДП «УкрНДНЦ», 2020. 87 с.

ДОДАТКИ

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Додаток А
(обов'язковий)

Затверджую
Завідувач кафедри ГМ
д. т. н., професор
Поліщук Л.К.
«__»_____ 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на бакалаврський кваліфікаційний проєкт
ПОДРІБНЮВАЧ МЕТАЛЕВИХ ТА ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ
08-62.БКП.08.01.00.000

Керівник роботи:
к.т.н., доц., асистент кафедри ГМ
Поліщук О. В.

Виконавець: ст. гр. 1ГМ–216
Бойко П. М.

Вінниця – 2025 р.

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОДРІБНЮВАЧ МЕТАЛЕВИХ ТА ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Бойко П. М.						1	6
Перевірів	Поліщук О.В..							
Реценз.						ВНТУ, зр. ГМ-216		
Н. Контр.	Слабкий А. В.							
Затв.	Поліщук Л.К							

1. Найменування і область застосування

Подрібнювач металевих та пластикових відходів призначений для подрібнення металевих та пластикових відходів до фракції, що може бути використана у рециклінговому виробництві.

2. Підстава для виконання роботи

Підставою для розробки даного дипломного проєкту є індивідуальне завдання на бакалаврський дипломний проєкт та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

3. Мета і призначення дослідження

Метою бакалаврського кваліфікаційного проєкту є розробка та обґрунтування конструкції універсального подрібнювача металевих і пластикових відходів, який забезпечує високу продуктивність, надійність, простоту обслуговування та адаптацію до різних типів матеріалів.

4. Джерела розробки

Список використаних джерел розробки

1. Переробка відходів пластику. *plast-lom.com.ua*. URL: <https://plast-lom.com.ua/pererobka-vidhodiv-plastiku/>.
2. Утилізація відходів поверхневої обробки металів і пластмас. <https://alphaeco.com.ua/>.
URL: <https://alphaeco.com.ua/utilizatsiya-bezpechnikh-vidkhodiv/vidkhodi-poverkhnevoji-obrobki-metaliv-i-plastmas>.
3. Опис методу екструзії пластичних мас 10 березня 2006 р. <https://etp.com.ua>. URL: <https://etp.com.ua/ua/articles/news-101>

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	52
		№ докум.	Підпис			

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

5. Деталі машин. Розрахунок та конструювання : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов, О. І. Дубинець, О.І. Пилипенко, А. В. Гайдамака, С. Л. Панов, А. С. Столбовий. – Київ : Талком, 2014. – 684 с.

6. 7. Утилізація та рекуперація відходів. Методичні рекомендації до практичних занять. Укладачі: Кропивна А. В., Молокост Л.А.- Кропивницький, ЦНТУ, 2023, с. 140.

5. Технічні вимоги

– вимоги монтажно-ї придатності до продукції – поставка в вузловому вигляді;

– можливість тривалого зберігання в розібраному вигляді на стелажах;

– маса продукції – до 800 кг;

– захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності, покриттів та використання корозійностійких матеріалів;

– складові частини пристрою взаємозамінні;

– повна ремонтпридатність;

– деталі повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила, харчових відходів тощо;

– дрібносерійний вид виробництва деталей, запасні частини передбачаються.

5.1 Показники призначення:

1) Продуктивність – 0,5 т/год;

2) Область застосування – подрібнення та утилізація відходів;

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	53
		№ докум.	Підпис			

- 3) Габаритні розміри: не більше 1500x500x1200 мм;
- 4) Максимальна товщина подрібнюваного металу – 1 мм;
- 5) Максимальна ширина подрібнюваного об'єкта – 450 мм.

5.2 Вимоги до надійності:

Довговічність – не менше 20 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 3 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність верстата в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компонувальне рішення обладнання повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність до деталей, які вірогідно можуть мати найменший термін служби та відносно простий їх ремонт.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації

Конструкція деталей подрібнювача пластикових та металевих відходів повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування вузькоспеціалізованого обладнання та устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації

За можливості під час розробки конструкції використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності

Забезпечується безпека під час монтажу і ремонту. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень у відповідності з санітарними нормами.

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	54
		№ докум.	Підпис			

Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонту подрібнювача.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей подрібнювача слід обирати відповідно до рекомендацій, що застосовують під час виготовлення металооброблювальних машин, що застосовуються в машинобудівній галузі.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту

- умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання обладнання з заданими технічними показниками – обладнання призначене для використання у середньоширотних кліматичних умовах;
- час підготовки обладнання до використання після транспортування і зберігання – 1 доба;
- вид обслуговування періодичний;
- періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 1 день (один раз в місяць).

5.9 Вимоги по транспортування і збереження

- можливість транспортування будь-яким видом вантажних транспортних засобів;
- захист від ударів під час завантаження і розвантаження;
- зберігання на складі готової продукції;
- зберігання у законсервованому вигляді;
- складування окремих вузлів на стелажах.

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	55
		№ докум.	Підпис			

6. Стадії і етапи розробки

Під час розробки верстата передбачаються такі стадії і етапи розробки:

- огляд обладнання та технологій переробки металевих та пластикових відходів;
- розробка конструкції подрібнювача металевих та пластикових відходів;
- розрахунок геометричних та силових параметрів подрібнювача металевих та пластикових відходів;
- розробка 3D моделей та складальних креслень подрібнювача металевих та пластикових відходів;
- аналіз санітарних умов праці в приміщенні, в якому буде здійснюватиметься розробка обладнання;
- заключення висновків;
- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту кваліфікаційної роботи.

7. Порядок контролю і прийому

Порядок контролю і приймання бакалаврського кваліфікаційного проєкту визначається графіком консультацій і попереднього захисту робіт, які затверджуються кафедрою ГМ і остаточного захисту роботи перед ДЕК.

Коректування стадій та етапів виконання бакалаврського кваліфікаційного проєкту може проводитися при узгодженні з керівником роботи.

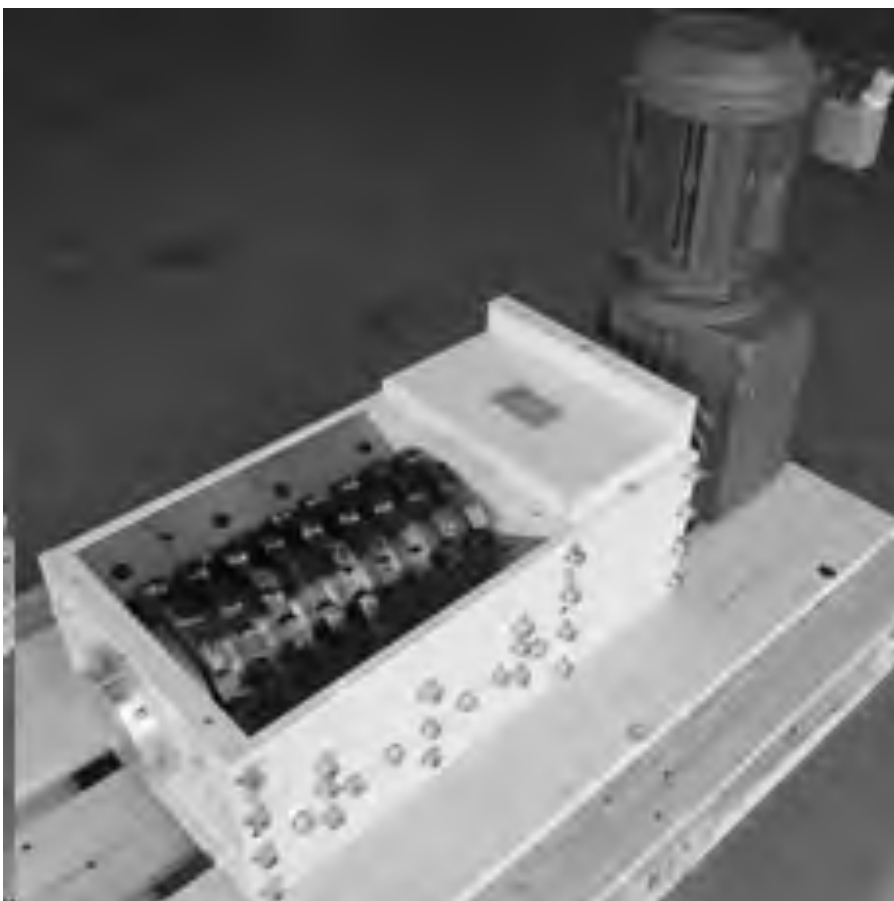
					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	56
		№ докум.	Підпис			

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА
«ПОДРІБНЮВАЧ МЕТАЛЕВИХ ТА ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ»

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обладнання для подрібнення металевих та пластикових відходів



*Одноролкові подрібнювачі металевих відходів серії EZ:
а) EZ24; б) EZ150*



*Двоболкові подрібнювачі металевих відходів серії ZW:
а) ZW800; б) ZW300*



*Подрібнювачі пластикових відходів
а) Grindex-4; б) Grindex-7*



Комплект валів для подрібнення твердих відходів

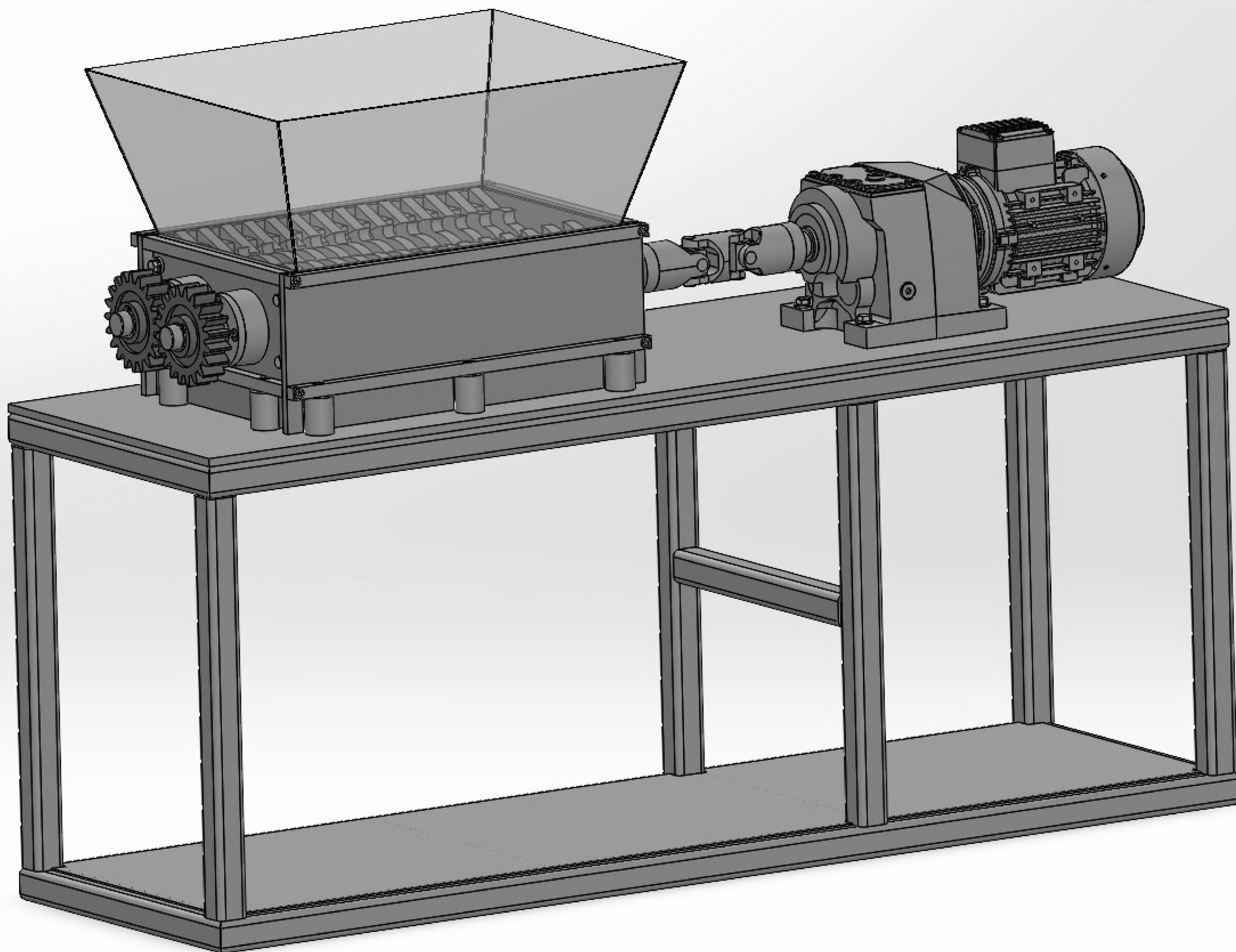
08-62БКП.08.01.00.000.П1

Серія №	Перф. примен.
---------	---------------

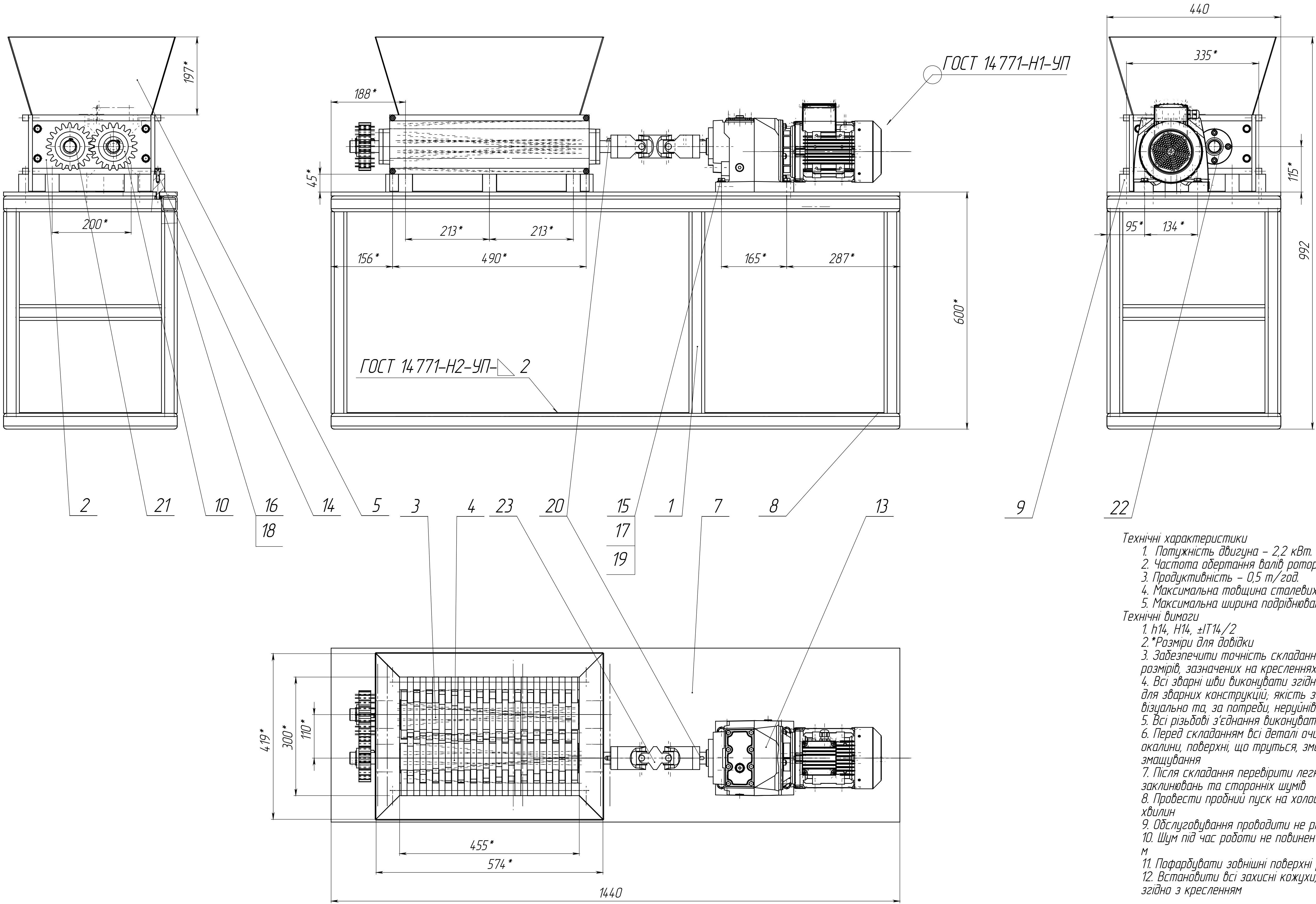
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підп. и дата
--------------	--------------	--------------

						08-62БКП.08.01.00.000.П1		
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Одпідання для подрієнення металевих та пластикових відходів	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Байко П. М.						1:1
Проб.		Полещук О. В.						
Т.контр.						Лист	Листов	1
Нконтр.		Сладкий А. В.				ВНТУ, зр. ГМ-218		
Утв.		Полещук Л. К.						
Копировал								
Формат А1								

Подріднювач металевих та пластикових відходів

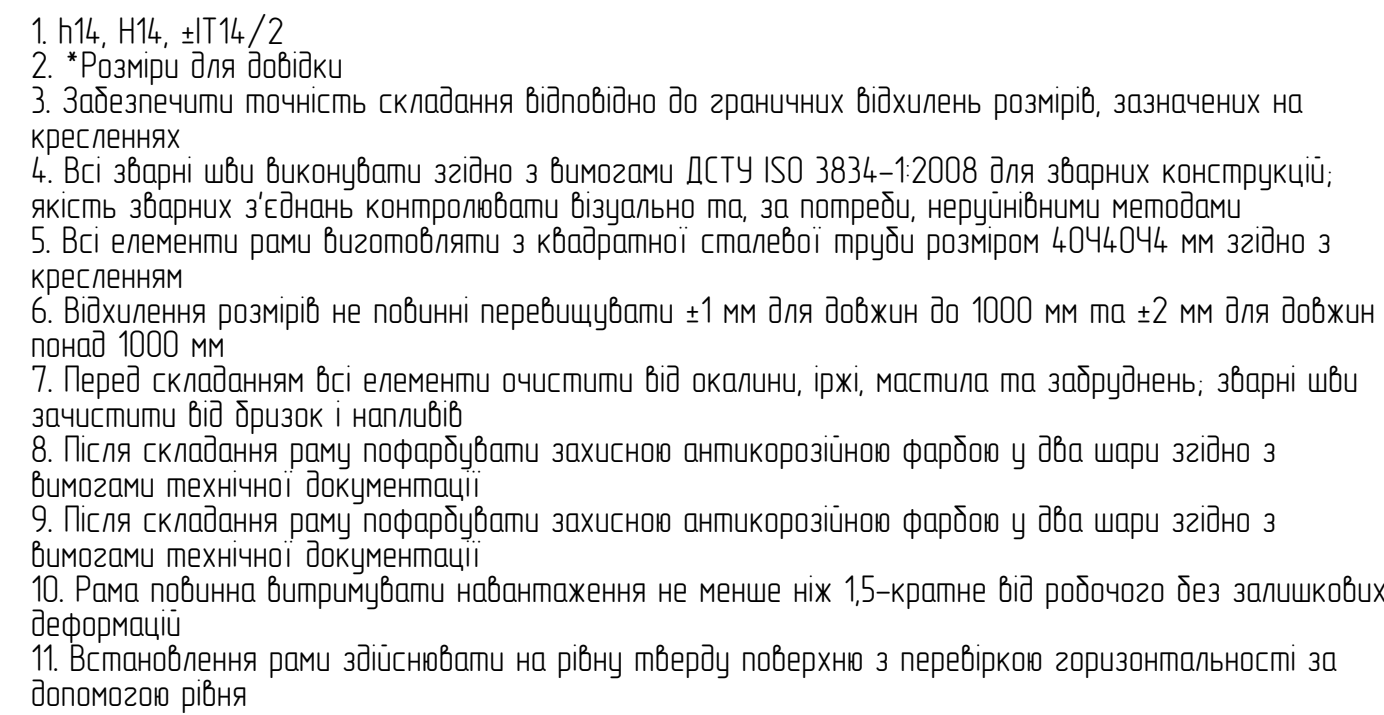


Перв. застосов.	
Додат. №	
Інф. № ориг.	Підпис та дата
Взам. інв. №	Інв. № дубл.
Підпис та дата	Взам. інв. №
Підпис та дата	Підпис та дата



- Технічні характеристики
- Потужність двигуна – 2,2 кВт.
 - Частота обертання валів роторних – 12,5 об/хв.
 - Продуктивність – 0,5 т/год.
 - Максимальна товщина сталевих виробів – 0,5 мм.
 - Максимальна ширина подрібнюваного матеріалу – 450 мм.
- Технічні вимоги
- h14, H14, ±IT14/2
 - *Разміри для довідки
 - Задєзлечити точність складання відповідно до граничних відхилень розмірів, зазначених на кресленнях
 - Всі зварні шви виконувати згідно з вимогами ДСТУ ISO 3834-1:2008 для зварних конструкцій; якість зварних з'єднань контролювати візуально та, за потреби, неруйнівними методами
 - Всі різьбові з'єднання виконувати на мідну змазку
 - Перед складанням всі деталі очистити від дрібду, мастила та окалини, поверхні, що труться, змастити відповідно до карти змащування
 - Після складання перевірити легкість обертання валів, відсутність заклинювань та сторонніх шумів
 - Провести пробний пуск на холостому ході протягом не менше 30 хвилин
 - Обслуговування проводити не рідше ніж раз на тиждень
 - Шум під час роботи не повинен перевищувати 85 Дб на відстані 1 м
 - Пофарбувати зовнішні поверхні рами та корпусу емаллю в два шари
 - Встановити всі захисні кожухи, дічні стінки та пристрої безпеки згідно з кресленням

					08-62БКП.08.01.00.000.СК			
Змн.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Подрібнювач металевих та пластикових відходів	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.		Бойко ЛМ		12.05.2025				1:10
Перев.		Полещук ОВ						
Т. контр.						Аркш 1	Аркш 1	
Нач. КБ						ВНТУ, гр. ГМ-21б		
Н.контр.		Сладкий АВ						
Утв.		Полещук ЛК						



Формат А1

Додаток В
(обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЇ
«ПОДРІБНЮВАЧ МЕТАЛЕВИХ ТА ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ»

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формат		Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.	
					<u>Документація</u>			
				08-62.БКП.08.01.00.000.СК	Складальне креслення			
				08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Пояснювальна записка			
					<u>Складальні одиниці</u>			
		1		08-62.БКП.08.01.02.000.СК	Рама	1		
		2		08-62.БКП.08.01.03.000.СК	Корпус	1		
		3		08-62.БКП.08.01.04.000.СК	Вал роторний	1		
		4		08-62.БКП.08.01.05.000.СК	Вал роторний	1		
		5		08-62.БКП.08.01.01.000.СК	Воронка	1		
					<u>Деталі</u>			
		7		08-62.БКП.08.01.00.001	Плита верхня	1		
		8		08-62.БКП.08.01.00.002	Плита нижня	1		
		9		08-62.БКП.08.01.00.003	Бобишка	10		
		10		08-62.БКП.08.01.00.004	Колесо зубчасте	2		
					<u>Стандартні вироби</u>			
		13			Мотор-редуктор ЗМП-63-12,5-2,2,,			
					2,2 кВт, 5 об/хв, 380 В,			
					ІМВЗ ГОСТ 15150-69	1		
Підп. і дата				08-62.БКП.08.01.00.000				
Зам. інв. №								
Інв. № дубл.								
Підп. і дата								
Інв. № ориг.								
Розроб.	Бойко П. М.				Подрібнювач металевих та пластикових відходів	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Поліщук О.В.						1	2
Нач. від.								
Н.контр	Слабкий А.В.							
Затв.	Поліщук Л.К.							

[illegible]

Копіював

Формат А4

Додаток Г
(обов'язковий)

АКТ ПЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ

					08-62.БКП.08.01.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Подрібнювач металевих та пластикових матеріалів

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра галузевого машинобудування, ФМТ, гр. 1ГМ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 17 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Поліщук Л.К., зав. кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)

Шенфельд В.Й., доцент кафедри
(прізвище, ініціали, посада)

Особа, відповідальна за перевірку

Л.К. Поліщук

Шенфельд В.Й.

Шенфельд В.Й.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

Поліщук О.В., к.т.н., доцент

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

(підпис)

Бойко П.М.

(прізвище, ініціали)