

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**“Обґрунтування параметрів машини RM-51
для подрібнення деревини”**

Виконав: студент VI курсу, групи Маш-62

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Назарій ДЕМКІВ

(Ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н. доцент Руслан ГУМЕНЮК

(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____

(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“28” квітня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту
Демківу Назарію Володимировичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування параметрів машини RM-51 для
подрібнення деревини»

Керівник роботи: Гуменюк Руслан Васильович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 28.04.2023 року № 133/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 15.01.2024 року

3. Вихідні дані: Літературні джерела за тематикою кваліфікаційної
роботи відомих технологічних процесів виробництва та розрахунків
технологічного обладнання; Матеріали навчальної, методичної довідкової
та наукової літератури; Методики визначення економічної ефективності
впровадження нового технологічного рішення.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Стан питання, літературний пошук;

2. Теоретичні передумови роботи машини для подрібнення деревини;

3. Експериментальні дослідження роботи машини для подрібнення
деревини;

4. Охорона праці та захист населення;

5. Ефективність прийнятих рішень;

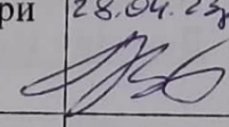
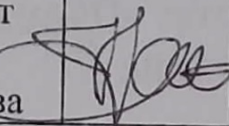
Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Ілюстративний матеріал представити у вигляді презентації у застосунку Microsoft PowerPoint: огляд відомих конструкцій машин для первинного подрібнення деревини; принципові схеми машин для подрібнення деревини; машина для подрібнення деревини RM-51; схема експериментальної установки для дослідження впливу технологічних та конструктивних параметрів машини для подрібнення деревини на основні показники роботи; графік залежності необхідної потужності, яка затрачається на подрібнення деревини та пропускної здатності; графік залежності швидкості подачі деревини в камеру подрібнення; залежність продуктивності від співвідношення радіуса ножового диска і частоти обертання; залежність продуктивності від співвідношення частоти обертання ножового диска і його радіуса; економічні показники запропонованого технічного рішення.

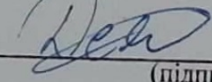
6. Консультанти розділів роботи

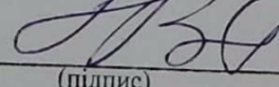
Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Гуменюк Р.В., к.т.н., доц. кафедри машинобудування	28.04.23 		Вик.
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			Вик.

7. Дата видачі завдання: 28.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Виконання розділу: «Стан питання, літературний пошук»	28.04.23- 15.06.23	Вик.
2.	Виконання другого розділу: «Теоретичні передумови роботи машини для подрібнення деревини»	16.06.23- 15.08.23	Вик.
3.	Виконання розділу: «Експериментальні дослідження роботи машини для подрібнення деревини»	16.08.23- 08.11.23	Вик.
4.	Виконання розділу: «Охорона праці та захист населення»	09.11.23- 11.12.23	Вик.
5.	Виконання розділу: «Ефективність прийнятих рішень»	12.12.23- 3.01.24	Вик.
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому	4.01.24- 15.01.24	Вик.

Студент  Назарій ДЕМКІВ
(підпис)

Керівник роботи  Руслан ГУМЕНЮК
(підпис)

УДК 631.332

Обґрунтування параметрів машини RM-51 для подрібнення деревини.

Демків Н.В. Кваліфікаційна робота. – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024р.

81 с. текст. част., 22 рис., 8 табл., 19 джерел інформації.

Проведено огляд та аналіз конструктивних пристроїв для подрібнення деревини.

На основі аналізу конструкцій визначені задачі дослідження.

Проведено аналіз конструктивних і технологічних розрахунків в цілому та його складових елементів, змодельовано їх взаємозалежність та обґрунтовано оптимальні конструктивні параметри машини для подрібнення деревини RM-51.

В результаті розроблених теоретичних основ конструктивного розрахунку та математичного моделювання здійснено обґрунтування, конструктивне узгодження параметрів машини для подрібнення деревини RM-51.

Проведено аналіз виробничих небезпек при експлуатації машини для подрібнення деревини, розроблено логіко-імітаційну модель виникнення травматизму.

Здійснено розрахунок економічної ефективності запропонованих конструктивних та технологічних рішень в кваліфікаційній роботі.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	
1. СТАН ПИТАННЯ, ЛІТЕРАТУРНИЙ ПОШУК	9
1.1. Характеристика підприємства	9
1.2. Огляд відомих конструкцій машин для первинного подріблення деревини	10
1.3. Будова та принцип дії машини для первинного подріблення деревини	20
1.4. Технологічний процес первинного подрібнення деревини	25
2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВИНИ	30
2.1. Основні засади подрібнення деревини	30
2.2. Теорія процесу подрібнення деревини	32
2.3. Методика розрахунку	37
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВИНИ	42
3.1. Дослідження технологічних характеристик машини для подрібнення деревини RM-51	42
3.2. Визначення потужності подрібнювача деревини	47
3.3. Визначення продуктивності подрібнювача	49
3.4. Показники, які впливають на процес подрібнення деревини	50
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ	54
4.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві	54
4.2. Фінансування заходів з охорони праці	58
4.3. Аналіз умов праці, побуту і профілактики травматизму	60
4.4. Розробка заходів щодо покращення стану охорони праці	61
4.5. Заходи техніки безпеки і виробничої санітарії під час первинного подрібнення деревини на машині RM-51	61

4.6. Пожежна безпека	63
4.7. Розробка заходів щодо захисту цивільного населення	66
5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	71
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	78
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	80

ВСТУП

Основою економічного і соціального розвитку країни є раціональне інвестування в розвиток технологічної трансформації виробництва, орієнтоване на швидке створення і використання нової техніки, нових матеріалів і застосування високоефективних і енергозберігаючих технологій.

Ці проблеми можуть бути вирішені впровадженням сучасних технологій, в якій інтенсифікація процесу досягається шляхом застосування певних методів і теорій, що впливають на об'єкти виробництва.

Зокрема, такий підхід актуальний для подальшого розвитку засобів переробки та підвищення якості сировини практично у всіх галузях виробництва. В умовах сучасної енергетичної кризи постає питання використання альтернативних джерел енергії, чого неможливо досягти без інноваційних технологій та використання енергозберігаючого технологічного обладнання.

На сьогоднішній день одним із перспективних напрямків енергозабезпечення є використання висококалорійних твердопаливних брикетів і пелет в комунальних і сільськогосподарських теплопунктах.

Сировиною для виробництва брикетів і пелет є відходи столярного виробництва, деревосанітарних очищень та вторинна сировина сільського господарства (солома озимих та ярих культур, кукурудзяне лушпиння, стебла та качани, лушпиння та стебла соняшнику).

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості подрібнення деревини шляхом обґрунтування параметрів, процесу та способів роботи машини для подрібнення деревини.

Для досягнення поставлених цілей необхідно вирішити наступні завдання:

- аналіз конструкцій відомих машин і технічного обладнання для подрібнення деревини;

- здійснити теоретичні дослідження процесу подрібнення деревини;
- провести моделювання технологічних та конструктивних параметрів машини RM-51;
- розробити заходи щодо поліпшення охорони праці під час роботи з машиною для подрібнення деревини;
- провести розрахунок економічної ефективності запропонованих технічних рішень.

1. СТАН ПИТАННЯ, ЛІТЕРАТУРНИЙ ПОШУК

1.1. Характеристика підприємства

ТзОВ «АРІЄС-УКРАЇНА» створено у вересні 2013 року в селі Ожидів Львівської області. Компанія заснована на високій німецькій якості та найвищих європейських вимогах, завдяки тісній співпраці з українськими компаніями-партнерами ТзОВ «ХЕММЕЛЬ – Україна» та «ARJES GmbH» (Німеччина), ТзОВ «АРІЄС-УКРАЇНА» вдалося стати висококваліфікованим та надійним продавцем на ринку виробництва та реалізації технічного обладнання для подрібнення деревини та різних інших матеріалів.

Підприємство займається виготовленням та продажем машин для подрібнення первинної та вторинної сировини, подальшим навчанням обслуговуючого персоналу та введенням їх в експлуатацію, забезпечує гарантійне та післягарантійне обслуговування деревоподрібнювального обладнання, а також постачання комплектуючих та запасних частин до них.

Компанія пропонує своїм клієнтам вигідні цінові умови та гарантійне обслуговування на обладнання для переробки сировини, а також забезпечує гарантійне обслуговування протягом усього життєвого циклу технічного обладнання. Ми зосереджуємося на особливо важливих технічних аспектах проблеми, а саме на забезпеченні надійного обслуговування шляхом заміни вузлів, деталей, демонтажу/складання та діагностики обладнання. ТзОВ «АРІЄС-УКРАЇНА» прагне до підвищення надійності техніки та терміну її служби.

Компанія активно підтримує всі традиційні ринки збуту, активно та ефективно шукає нові та перспективні ринки збуту для здійснення взаємовигідної співпраці.

ТзОВ «АРІЄС-УКРАЇНА» зарекомендувало себе як компетентний та професійний партнер у вирішенні всіх проблем, які можуть виникнути під час співпраці та досягнення спільних цілей.

Зараз компанія пропонує різні моделі машин для первинної та вторинної переробки сировини. Обладнання може бути встановлене як на трактор, так і з приводом від електродвигуна - барабанної, дискової, молоткової подрібнювальної машини.

1.2. Огляд відомих конструкцій машин для первинного подріблення деревини

Останнім часом зміни клімату землі, які ми спостерігаємо, як довели вчені, викликані швидким глобальним потеплінням. Це значною мірою пов'язано з викидом вуглекислого газу в атмосферу від спалювання викопного палива на землі. Тож на даний момент люди загалом роблять ставку не на певні види палива, а саме на ефективне використання відновлюваних джерел енергії, які використовуються в CO₂ [2].



Рисунок 1.1 - Машина для первинного подріблення деревини PROZIG

На жаль, деревними відходами в Україні наразі нехтують – більшість їх безкоштовно спалюють «на повітря». Тому під час санітарної очистки лісу

після рубки та транспортування деревини, особливо в господарській частині, її гілки та крони збирають у купи та спалюють. Це не тільки не корисно для людини та навколишнього середовища, а й насправді шкідливо. Насправді ці деревні «відходи» є безцінною сировиною та постійно відновлюваним джерелом енергії.

Біомаса в даний час посідає четверте місце серед усіх видів палива на Землі і щорічно забезпечує велику частку традиційного палива у загальному споживанні енергоносіїв у всьому світі. Економічний потенціал України в частині використання біомаси використовується незначно, що призводить до значного відставання від більшості країн світу.

Сьогодні тверде біопаливо відіграє важливу роль в енергозабезпеченні всіх промислово розвинених країн світу. Станом на 2022 рік частка біопалива в загальному споживанні первинної енергії становить: Данія – 16%, Канада – 27%, США – близько 14%, Австрія – 24%, Данія – 16%, Швеція – 26%.



Рисунок 1.2 - Подрібнювач з електроприводом ТОВ "Профі-Стан"

Слід зазначити, що значною перевагою використання біомаси для виробництва енергії порівняно з добре відомою енергією вітру та сонця є те,

що вищезгадані пристрої лише безпосередньо виробляють електричну енергію, а за рахунок використання біомаси – електричну та теплову енергію.

У світі існує багато різних компаній, які займаються виробництвом технологічного обладнання та обладнання для подрібнення деревини [3].



Рисунок 1.3 - Подрібнювач виробництва ТзОВ "Олнова"

Технічне обладнання за способом рубання дров класифікуються наступним чином: стаціонарний і пересувний.

Способи агрегування машин — за допомогою навісного обладнання, за допомогою тракторно-напівпричіпного обладнання, за допомогою тракторно-причіпного обладнання, за допомогою мобільного обладнання та приводних бетоноустаткування з електродвигунами або двигуни (бензинові або дизельні), самохідна техніка (на автомобільному шасі, колісна або гусенична, стаціонарна техніка, привід якої від електродвигуна або двигуна власного внутрішнього згорання (бензинового або дизельного).

Види робочого механізму подрібнювачів деревини — спіральні, барабанні, молоткові, дискові.

Види пристроїв для завантаження деревини - бункери та піддони.

Способи завантаження лісоматеріалів у обладнання: вручну та іншими відомими способами завантаження (роботи, крани та ін.) [5].

У нашій країні та інших країнах світу налічується понад 75 компаній, які виробляють малотоннажне деревообробне обладнання.

У Львівській області України ТОВ «Олнова» виробляє дев'ять моделей подрібнювачів деревини з електродвигунами та тракторними приводами. Робочим органом для подрібнення деревини є ножовий диск діаметром 800 і 1020 мм. Він поставляється з двома регульованими ножами для різьблення та контрножем.

У моделі DP 660p використовується роторна подрібнювальна частина машини з діаметром ротора 430 мм і швидкістю обертання 1850 об/хв, а в моделях HG 660D і HG 600E – ротор діаметром 1000 мм.

Подрібнювач DP 660 E призначений для стаціонарного подрібнення деревини і оснащений електроприводом і потужністю робочого механізму 30 кВт. Максимальна товщина пиломатеріалів для зрубу становить 160 мм, а ширина – 240 мм.

В українському місті Кропивницький компанія ТОВ «Профі-Стан» постачає на ринок подрібнення деревини дробарку гілок ДГ-120. Компанія випускає три моделі з різними приводами: ДВ-120 Т (трактор), ДВ-120Е (електродвигун потужністю 10 кВт) і комбінований привід (трактор і електродвигун) - ДВ-120К.

Компанія MWM-Kiev (Київ) випускає три типи подрібнювальних машин: дискового типу та серії SH. Вони приводяться в рух електродвигунами потужністю від 20 до 180 кВт і продуктивністю від 5 до 70 м³/год. Нарізати розмір стовбура від 160 до 380 мм в діаметрі. Також компанія випускає роторні стаціонарні подрібнювачі деревини ТНК з потужністю двигуна від 37 до 75 кВт, а також мобільні агрегати для

тракторів серії СН, які оснащені дисковими подрібнювачами. Діаметр диска — від 670 до 1460 мм, продуктивність від 5 до 70 м³/год, потужність двигуна від 10 до 155 кВт. Розміри подрібнених стовбурів дерев коливаються в діаметрі від 160 до 380 мм.

Шредер Skorpion 160 SD - мобільний шредер з незалежним двигуном потужністю 20 к.с. Поставляється польською компанією Tekmotor. Мобільність полягає в тому, що пристрій монтується на однієне шасі і транспортується транспортним засобом, обладнаним буксирним пристроєм. Автономний двигун з електронною системою запуску.

Серед іноземних виробників Pezzolato S.p.A. (Італія) випускає тракторні машини для попереднього подрібнення деревини, які приводяться в рух від власних електродвигунів і ВВП трактора. Компанія пропонує дві моделі подрібнювачів деревини — РТН 300 і РТН 400. Приводиться в рух тракторами потужністю 60 і 90 к.с. та електродвигуни потужністю 35 кВт та 45 кВт. Діаметр стовбурів, які використовуються для подрібнення, становить 300 і 400 мм. Компанія також випускає тракторні машини для первинного дроблення PZ100 і PZ190, а також причіпні та стаціонарні дереводробарки з дизельними двигунами.

Компанія JENZ (Німеччина) виробляє мобільні подрібнювачі деревини моделі NEM, які оснащені власним двигуном і оснащуються приводом від трактора ВВП.

Подрібнювач деревини NEM 561D оснащений двигуном Mercedes-Benz власного виробництва потужністю 260/280 (кВт/к.с.), здатний різати деревину розміром стовбура до 560 мм, а також подрібнювати коріння дерев. Продуктивність NEM 561D - 120 м³/год. Діаметр шліфувального ротора 820 мм.

JENZ також виробляє подрібнювач паперу NEM 1000, що приводиться в рух двигуном 450/612 кВт/к.с., діаметр ротора 1450мм, продуктивність 360 м³/год. Максимальний діаметр стовбура деревини – 1000 мм.

Таблиця 1.1. Коротка технічна характеристика машин для подріблення деревини

Показник	Фірма – виробник, країна								
	Komtech, Австрія		Dobstadt, Німеччи на	Jenz, Німеччина				Pezzolato, Італія	
	Chippro 5010 direlckt	Chippro 7010 Chippro 510c	DN 811 DL	AZ960 Titan	AZ660 Wotan	HEM 10000A	HEM 561D	PTN 900 1000M	PTN 1000 1000
Продуктивність, м ³ /год	220	300	-	170-360	130- 260	250	120	100- 120	130- 150
Потужність двигуна, кВт/к.с.	353/ 480	522/ 710	390/520	440/ 600	440/ 600	440/ 600	260/ 280	322/ 430	434/ 590
Вага, кг	-	-	16000	25000	18500	18500	13300	14000	16000
Максимальний діаметр стовбура, мм	-	-	-	60	50	70	56	65	70
Габарити: довжина, ширина, висота, мм	-	-	6140 2500 2685	13000 2550 4000	10700 2550 3850	- - -	8100 2550 3850	6500 5700 5050	6500 5700 5050

Фірма Laski (Чехія) виробництво мобільних подрібнювачів деревини барабанного типу Stepkovac LS 100/25.

Двигун 18,6/25 кВт/к.с. Діаметр стовбура, що ламається - 100 мм. У шредері Stepkovac LS 100/25 діаметр шнека становить 446 мм.

Компанія Eschlbock Viber (Австрія) випускає 25 різних моделей подрібнювачів деревини. Підвісні, причіпні, стаціонарні та пересувні дробарки з барабанним і дисковим способами дроблення. Діаметр стовбура обмежений від 15 до 100 сантиметрів, а потужність приводу – від 12 до 353 кіловат.

ТЗОВ «АРІЄС-УКРАЇНА» виробляє дробильне обладнання 847/1, яке в основному включає дискову дробарку деревини РМ 800.4/330, великий бункер-розподільник БД-125, завантажувально-розвантажувальний шнек та дробарку РМ 800.4/550, яка подрібнює деревину на менші частини, ніж

шредер RM 800.4/330 (який є основним шредером у комплексі) та RM 800.4/550 (другий шредер).



Рисунок 1.4 - Подрібнювач BIOMASTER від компанії ТЗОВ «Аріес-Україна.»

Комплекс має виробничу потужність 3 т/год подрібненої деревини з мінімальним розміром частинок 10 мм. На дробильному комплексі 847/1 встановлено кілька електродвигунів потужністю 71,4 - 114,4 кВт.

Виготовляє пристрої для збирання, подрібнення та розвантаження деревини на шасі автомобіля. В даний час в Європі випускаються машини для первинного шліфування деревини на автомобільних шасі (Jenz, Doppstadt (Німеччина), Menart (Бельгія), Seko, Pezzolato (Італія), Kom-Tech (Австрія) та ін.).

Тому компанія Seko (Італія) виробляє великі та потужні машини, які встановлені на базі подрібнювачів деревини SAM-4 та SAM-5 виробництва компанії Seko (Італія). Вони оснащені двома горизонтально розташованими подрібнюючими шнеками з гострими подрібнюючими ножами.

Компанія Jenz також виробляє деревообробні машини, які встановлюються на шасі автомобіля. Машини оснащені навантажувачами деревини та барабанными подрібнювачами для діаметрів стовбурів і гілок від 620 до 1120 мм.

Також на автомобілі встановлено подрібнювач НЕМ 820 DQ виробництва Jenz GmbH (Німеччина). Він постачається з рубальним барабаном, а його конструктивні особливості дозволяють регулювати довжину деревної тріски. Рама верстата обладнана маніпулятором для завантаження мелючих матеріалів.

Виробники з Італії Garavaggi і Pezzolato випускають мобільні подрібнювачі деревини на одній або двох осях на шасі автомобіля. - РТН 900/1000М і РТН 1000/1000.



Рисунок 1.5 - Бункерний подрібнювач деревини, фірма Menart (Бельгія)

Австрійська компанія Komtech (Австрія) випускає подрібнювач Achs-LKW, в основному встановлений на шасі MAN-4. Eschlböck, також в Австрії,

виробляє барабанний подрібнювач деревини Viber 82 RBZ, який встановлюється на шасі автомобіля та оснащений уловлювачем металевих часток.

Німецький виробник Doppstadt встановлює свої подрібнювачі деревини DH811 і DL на шасі KLV-Nahrgestell, а автомобіль оснащений двигуном Mercedes-Benz 6R1300. Подрібнювати може стовбури деревини діаметром до 600 мм.

Первинна дробарка деревини бункерного типу складається з приймального бункера, оснащеного дробильним шнеком, оснащеним фрезою, і конвеєром деревини, який подає матеріал у барабан або барабанну дробарку.

Взагалі подрібнювачі деревини бункерного типу відрізняються високою продуктивністю, а на професійних деревообробних підприємствах найчастіше використовуються силосні подрібнювачі деревини.

Подрібнювач ДН німецької компанії Doppstadt - барабанний, з приводом від дизельного двигуна, потужністю від 250 до 450 кіловат і частотою обертання барабана від 520 до 615 об/хв, може подрібнювати стовбури листяних порід діаметром до 700 мм і хвойних порід діаметром до 700 мм, діаметром від 600 до 900 мм, оснащені фрезою.

Doppstadt виробляє барабанні подрібнювачі діаметром 800 мм, Willibald - ротаційні подрібнювачі діаметром 1000 мм, а Jens — ротаційні подрібнювачі діаметром 1100 мм.

Ті ж європейські компанії Pezzolato (Італія), FLM (Франція), виробляють такі ж самохідні гусеничні машини попереднього подрібнення деревини, а в Україні компанія «АРІЄС УКРАЇНА».

Компанія Morbark виробляє барабанний самохідний подрібнювач деревини моделі 50/48, оснащений завантажувальним роботом і приймальним конвеєром.



Рисунок 1.6 - Прес-підбирач-подрібнювач Biobaler фірми Anderson (Канада)

Самохідний подрібнювач деревини 300/29 SU Cingolo (Італія) пересувається по рейках, має хорошу компактність і використовує робота для завантаження. Подібні барабанні дробарки виробництва FLM (Франція) завантажуються вручну.

Компанія Doppstadt (Німеччина) також випускає більш потужний подрібнювач деревини Mammut. Потужність двигуна 350 (476) кіловат (к.с.), на гусеничному ходу ширина гусениці 500 мм, тип подрібнювача - барабан, діаметр 800 мм, кількість обертів 30 об/хв.

Полеві подрібнювачі використовуються на практиці для рубання та подрібнення швидкозростаючої енергетичної деревини - тополі, верби, осики, вільхи та інших культур.



Рисунок 1.7 - Польовий подрібнювач деревини Jenz GmbHТ 140

Польові дробарки дрібних лісоматеріалів, верби швидкорослої, використовують два види техніки: модифіковані кормозбиральні комбайни та вальцьові преси. Такі пристрої випускають європейські компанії Jenz, Krone, Claas та інші. За конструктивними параметрами та технічними характеристиками вони нагадують потужні кормозбиральні комбайни, оснащені спеціальними адаптерами для зрізання та подрібнення швидкозростаючої деревної рослинності та чагарників..

1.3. Будова та принцип дії машини для первинного подріблення деревини

Первинна дробарка деревини VZ -750 - це високопродуктивна машина для подрібнення будь-якої біомаси, відходів деревини різного розміру, коренів, стовбурів, крон, гілок і різних видів пластмас, гумових виробів (автомобільних шин), каміння, побутових відходів та ін. матеріалів.

Машина оснащена дизельним двигуном SAT C9. Цей двигун, вироблений американською компанією Caterpillar, є універсальним

приводним пристроєм, здатним працювати в різноманітних суворих природних умовах.



Рисунок 1.8 - Машина для первинного подріблення деревини VZ -750

Двигун CAT C9 Caterpillar - рядний 6-циліндровий двигун, 4-тактний, з турбонаддувом, з електронним повним блоком управління (ADEM A4), з паливною системою HEUI, з високоефективним масляним фільтром. Двигун має потужність 350 кінських сил. Водночас витрата дизпалива: 0.45 – 1 л/т (30-35 л/год).



Рисунок 1.9 - Двигун CAT C9 Caterpillar (США) машини для первинного подріблення деревини VZ -750

Однією з переваг подрібнювача деревини VZ -750 є те, що він може оснащуватися як дизельним, так і електричним двигуном.

Ця машина VZ-750 використовує електродвигун потужністю 250 кВт і коробку передач з крутним моментом до 220 000 об/хв (Nm).



Рисунок 1.10 - Електричний привід машини VZ -750

Первинна дробарка деревини VZ -750 - це валкова дробарка за типом подрібнення біомаси. Попереднє подрібнення деревини здійснюється за допомогою пари валків.

Конструкція валу безпосередньо залежить від типу і виду матеріалу, що подрібнюється. Синхронізація валу для подрібнення деревини Т-подібного типу, кількість 2 шт., діаметр валу 700 мм, корисна довжина 1750 мм. Частота обертання валу - 25 об/хв.



Рисунок 1.11 - Вали подібнювача VZ -750

Ця машина оснащена магнітним сепаратором, який використовується для відділення та сортування металевих і феромагнітних частинок.



Рисунок 1.12 - Магнітний сепаратор машини VZ -750

Дробарка VZ-750 підходить для різних випадків, в умовах обмеженого доступу та в певних природних середовищах, які вимагають використання

відповідних засобів. Пульта дистанційного керування машинним обладнанням VZ -750 використовується в основному для контролю безпеки.



Рисунок 1.13 - Дистанційне управління устаткуванням машини VZ - 750, для безпечного керування.

Подрібнювач VZ-750 універсальний, здатний працювати в різних середовищах, природних умовах, бездоріжжі, болотистій місцевості, лісопарковій зоні, болотистій місцевості, звалищах. Устаткування використовується для гірських робіт, подолання бездоріжжя, спусків і крутих підйомів завдяки типу гусеничного шасі машини.



Рисунок 1.14 - Гусеничне шасі машини для подріблення сировини VZ -750

Є й інші варіанти машини VZ -750. Інші опції включають зимовий і літній пакети, які включають електричний обігрів паливної, мастильної, охолоджувальної та гідравлічної систем під час експлуатації взимку та охолодження тепла від радіатора влітку, залежно від певних умов експлуатації.

Тип рами в машині VZ -750 - мультиліфт. Її ширина - 2500 мм, довжина - 6800 - 9500 мм, висота - 2750 мм. Машина важить 15,5 тонн, а магнітний сепаратор важить 1 тонну.

Подрібнювач VZ -750 оснащений розвантажувальним конвеєром шириною 1200 мм і висотою закидання подрібнених матеріалів 4800 мм.

Рама машини повністю оцинкована. Граничний розмір подрібненої деревини становить від 50 до 200 мм. Фактично визначена біомаса, розмір і матеріал нарізаної деревини, розмір і якість точильних машин значною мірою впливають на споживання палива, електроенергію та продуктивність.

Продуктивність машини VZ -750 становить 30 – 80 т/год.

1.4. Технологічний процес первинного подрібнення деревини

Механічний процес розламування або розколювання деревини називається подрібненням і виконується за допомогою різних видів машин. Первинне подрібнення деревини здійснюється шляхом дроблення (пресування), розколювання.

Процес попереднього подрібнення деревини є дуже складним і трудомістким і залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу біомаси (форми, розміру, міцності та вологості), типу подрібнювача, робочих механізмів цих машин та режиму операції.

У шліфувальній машині використовуються різні комбінації вищевказаних способів і способів з урахуванням фізико-механічних властивостей первинного подрібнення деревини порід і розмірів подрібнюваних частинок. Великі шматки деревини зазвичай подрібнюють за

допомогою стиснення. Піломатеріали середніх і менших розмірів стискають ударним або ударним стисненням.

Матеріальна біомаса, яка надходить у бункер машини для подрібнення деревини, називається вихідним матеріалом. Ця сировина, що виходить із подрібнювача, називається продуктом подрібнення або готовим продуктом.

На практиці подрібнення деревини поділяють на чотири види: велике, середнє, дрібне і тонке. Попереднє подрібнення деревини на частини розміром від 70 до 300 мм називають макроподрібненням. Середнє подрібнення полягає в подрібненні деревини на шматки розміром 20-70 мм. Подрібнення деревини на частини розміром від 1 до 20 міліметрів називають невеликими тонкими частинами, мінімальний розмір яких становить один міліметр.

Попереднє подрібнення деревини проводять у кілька етапів, відповідно поступово зменшуючи розмір деревини. На практиці подрібнення поділяють на такі стадії (прийоми): первинне, допоміжне та ін.

Відповідно подрібнювачі поділяються на первинне (грубе) подрібнення деревини, проміжне (вторинне) подрібнення та дрібне подрібнення деревини.

За призначенням і фізико-механічними властивостями матеріалу (деревини) в переробному виробництві машини та технологічне обладнання, устаткування, що використовується для подрібнення деревини, поділяють на кулачкові, конусні, барабанні, молоткові та роторні структурні параметри. Для більш тонкого подрібнення деревини використовуються різні види деревних подрібнювачів: кульові, стрижневі та вібраційні.

За принципом подрібнення щоківі дробарки поділяються на складні і прості, а робочим механізмом є машина з комбінованим рухом рухомої щоки. Матеріал спочатку руйнується в основному шляхом стиснення та часткового згинання; вони в основному використовуються для первинного великомасштабного дроблення. Подрібнювальні машини зі складними

рухами губок шліфують дерев'яні матеріали за допомогою методу стиснення, який поєднує зношування та сколювання під час процесу подрібнення.

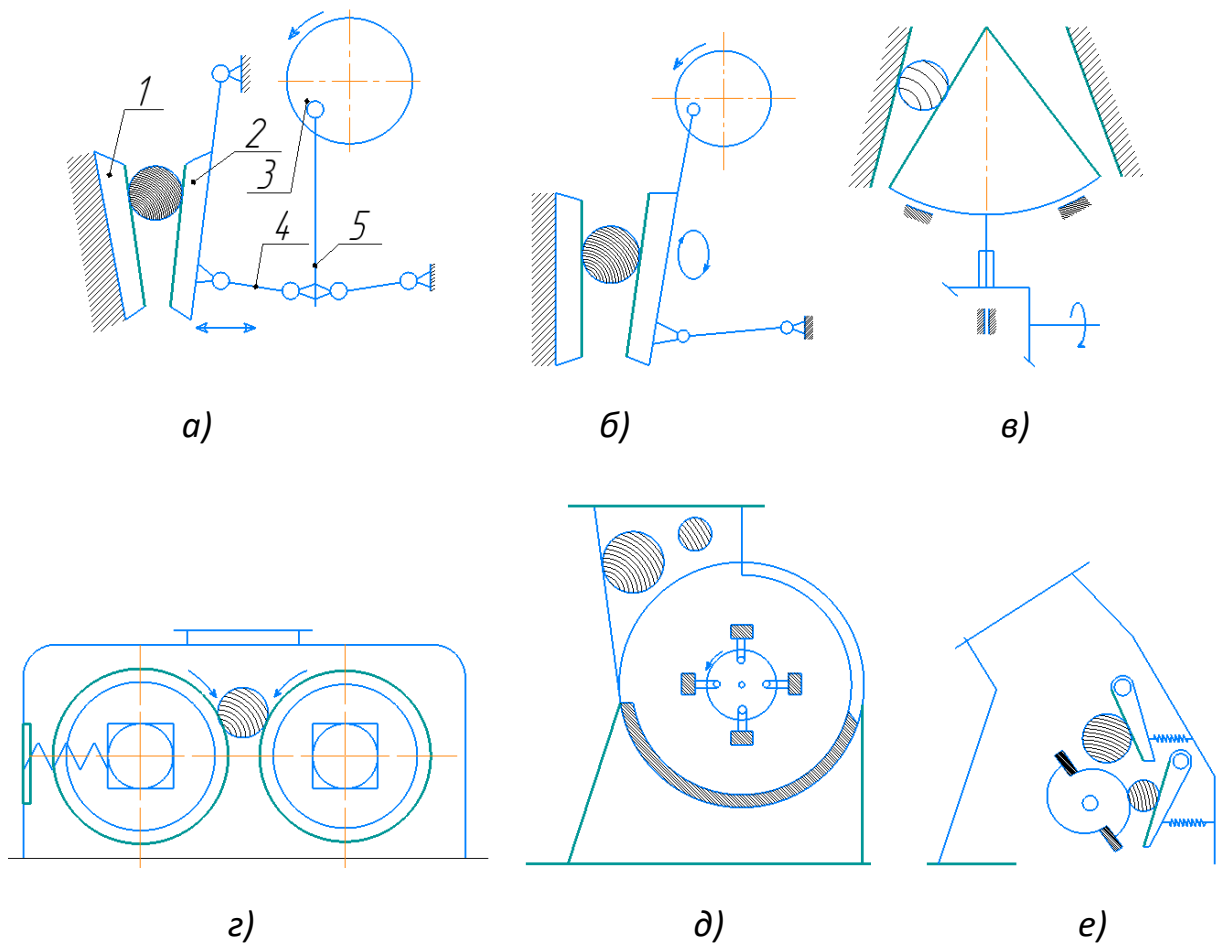


Рисунок 1.15 - Принципові схеми машин для подрібнення деревини:

а) щокова машина з простим рухом робочих органів; б) щокова машина з складним рухом робочих органів; в) конусна подрібнювальна машина з конусами зверненими в одну сторону; г) валкова машина; д) молоткова машина; е) кулачкова машина.

Робочим основним корпусом щокової дробарки є рухома пластина та нерухома пластина, закріплені на стінці станини, і щокова пластина, встановлена на валу. Процес подрібнення деревного матеріалу в цих дробарках відбувається між двома пластинами (рухомою та нерухомою),

закріпленими на щічках. Ці машини в основному використовуються для подрібнення дрібної та середньої деревини.

У конусній дробарці процес подрібнення відбувається в обмеженому просторі, тому цей простір обмежений поверхнею ріжучого конуса. Конус зовнішній, як правило, нерухомий, а внутрішній рухливий.

Коли один конус наближається до іншого, уламки деревного матеріалу розчавлюються внаслідок стиснення з наступним розчавленням і зношуванням. Коли конуси розходяться, розбитий матеріал під дією власної ваги падає на подрібнювач вивантажувального конвеєра на верстаті. Процес подрібнення матеріалів і вивантаження готової продукції в конусній дробарці відбувається безперервно.

Процес подрібнення в валковій дробарці відбувається між двома циліндричними валками, зазвичай розташованими паралельно і обертовими відносно один одного. Деревний матеріал, що підлягає подрібненню, надходить у машину зверху, потрапляє в завантажувальний пристрій, потрапляє в простір між вальцями, стискається і далі ламається і частково зношується.

Конструкція валкової дробарки складається з двох робочих валів, встановлених на рамі і приводного валу за допомогою роликів підшипників. Ці вали змінні та відлиті зі сплаву марганцевої сталі.

Обертання ведучого вала передається на перший робочий валок через пару шестерень і вона передається від першого робочого валка до другого через другу пару шестерень, встановлених на робочому валу.

Поверхня роликів повинна бути гладкою, рифленою або один з них повинен бути рифленим, а інший гладким.

При установці між валками в прокатному стані зазору необхідного розміру зміщення робочої осі досягається переміщенням підшипника одного з валків, при цьому їх положення фіксується відповідно прокладками з одного боку і потужна пружина для регулювання натягу. У цьому випадку пружина захищає дробарку від пошкоджень. Пружина розширює простір між

роликами, дозволяючи предметам, які неможливо розчавити, проходити між роликами.

Принцип роботи молоткової дробарки полягає в тому, що деревина, завантажена в машину, швидко подрібнюється молотком. Молот шарнірно закріплений на роторі, який обертається з великою швидкістю. Розмір і форма поверхні молотка вибирається виходячи з розмірів деревного матеріалу, що завантажується в подрібнювач і відповідної структури деревини. Використовуйте невелику кількість важкого молотка, коли подрібнюєте велику деревину, і використовуйте більше легкого молотка, коли дрібну деревину. Окружна швидкість роторного молота регулюється відповідно до розміру подрібнювальної машини, необхідної фракції помелу, продуктивності та структури і становить від 25 до 55 м/с.

Молоткові дробарки мають продуктивність від 3 до 50 тонн на годину. При цьому крупність помелу 12-15 мм. Збільшуючи або зменшуючи зазор між решіткою та ротором, можна змінювати розмір подрібненого матеріалу.

В даний час все ширше застосовуються ударні гіраційні дробарки. Ці подрібнювачі деревини доступні з одним і двома роторами.

Роторна дробарка складається з корпусу із завантажувальною лійкою, одного або двох роторів, верхньої решітки, нижньої решітки та приводу.

Ступінь подрібнення деревини гіраційною дробаркою становить 25 для однороторної і 50 для двороторної. Цей показник у багато разів перевищує показник щогової дробарки та конусної дробарки. Це пояснюється тим, що роторний подрібнювач може подрібнювати деревину на великі та дрібні шматки одночасно, значно спрощуючи процес подрібнення та значно знижуючи споживання енергії.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВИНИ

2.1. Основні засади подрібнення деревини

До основних способів подрібнення деревини робочим механізмом подрібнювача відносяться розколювання, подрібнення (віджим), стирання і удар. Ці методи часто поєднуються один з одним, наприклад: удар і стирання, дроблення, розтягування і удар; абразивне дроблення тощо.

У процесі рубання деревини виникають різні сили: сили згину, сили різання та сили розриву матеріалу.

Фізико-механічні властивості деревини, на якій проводиться подрібнення (початкові розміри блоку матеріалу, в'язкість, твердість, крихкість, забрудненість та ін.) істотно впливають на вибір способу подрібнення. Крім того, на вибір методу суттєво впливає необхідний ступінь подрібнення деревини.

Правильний вибір типу подрібнювача деревини, а також методу подрібнення значною мірою впливають на такі показники роботи, як продуктивність машини та якість готової продукції.

Проаналізувавши різні відомі способи і процеси подрібнення деревини на різних типах машин, ми дійшли висновку, що повністю подрібнювати деревину на одному верстаті неефективно.

На практиці найбільш зручним і ефективним є послідовне прогресивне подрібнення деревини, тобто на першому етапі попереднє подрібнення за допомогою відповідного технічного обладнання з подальшим подрібненням матеріалів відповідної крупності за рахунок відповідної конструкції дробарки.

На даному етапі розвитку переробної промисловості в галузі обробки деревини розроблені, випробувані та успішно введені в експлуатацію подрібнювачі різних типів і конструкцій.

Таблиця 2.1 - Умови роботи подрібнювача

Показники	Значення показника за даними	
	виробника	випробування
Технологічний матеріал	відходи деревини	відходи деревини
Параметри навколишнього середовища:		
- температура, °С	немає даних	16
- відносна вологість повітря, %	те саме	66
Характеристика деревини, см:		
- довжина	до 50	28
- ширина	до 300	86

Основні параметри подрібнювачів повинні відповідати потребам обробки та виробництва, які можна підсумувати таким чином:

1. Розміри та конструктивні особливості завантажувального столу подрібнювальної машини повинні відповідати певним нормам міцності матеріалу та розмірам окремих його шматків деревини. Тому для дробарки, яка подрібнює тверду деревину, її конструктивні елементи повинні мати очевидні запаси міцності а ширина і довжина або діаметр завантажувального отвору повинні бути більшими за її конструктивні параметри. Найбільші шматки деревини були зменшені на 30-40%. Це запобігає «зависанню» деревної тріски в приймальному отворі завантажувального пристрою подрібнювача та скорочує простої обладнання, які безпосередньо пов'язані з відбиранням негабаритної тріски.

2. Подрібнювач повинен мати запас продуктивності більше 15-20%, щоб він не перевантажувався, коли кількість матеріалів, що надходять у порт подачі зарядного пристрою, збільшується.

3. Процес первинного подрібнення деревини споживає багато енергії, тому питома енерговитрата повинна бути незначною. Загальна характеристика всіх подрібнювачів деревини підтверджує те, що при збільшенні ступеня подрібнення продуктивність машини знижується, а споживання енергії значно зростає.

4. У подрібнювальній машині процес вивантаження готової продукції під час роботи дробарки повинен здійснюватися швидко і безперервно, щоб при подрібненні деревина не подрібнювалася надмірно.

5. Конструктивні особливості подрібнювальної машини повинні забезпечувати якісну, швидку та легку заміну деталей, зношених або пошкоджених у процесі подрібнення.

6. Усі агрегати, вузли та деталі подрібнювача деревини повинні бути виготовлені з високоміцних, дешевих конструкційних матеріалів.

7. Подрібнювач деревини, як і будь-яка інша машина, має бути дешевим і простим у виготовленні, надійним, довговічним, не потребувати якісного обслуговування та споживати мінімум енергії..

2.2. Теорія процесу подрібнення деревини

Процес руйнування твердої речовини за допомогою і під дією зовнішніх сил називають подрібненням. На основі теоретичних знань і практичного аналізу роботи стверджується, що після руйнування твердих матеріалів утворюються деякі матеріали розміром більше 5 мм, а після тонкого подрібнення (шліфування) утворюються деякі матеріали розміром більше 3 мм.

Процес подрібнення широко використовується в народному господарстві переробної промисловості. Особливо в деревообробній, меблевій, паперовій та ін.

Основною характеристикою процесу є ступінь подрібнення. Ступінь подрібнення відноситься до співвідношення середнього розміру блоків матеріалу до і після подрібнення.:

$$i = dn/dк, \quad (2.1)$$

де i – ступінь подрібнення матеріалу,

dn – середній розмір подрібнених матеріалів, мм,

$dк$ - середній розмір блоку матеріалу після подрібнення, мм.

Якщо подрібнення матеріалу проводиться в кілька прийомів, то в цьому випадку ступінь подрібнення є загальною і дорівнює:

$$i_{\text{заг}} = i_1 \times i_2 \times i_3 \times \dots \times i_n \quad (2.2)$$

Теоретично подрібнення матеріалів класифікують за початковим розміром і подрібненими матеріалами.

Таблиця 2.2 - Класифікація подрібнення

Клас подрібнення	Розмір кусків, мм	
	до подрібнення	після подрібнення
<u>Подрібнення:</u>		
грубе	1000	250
середнє	250	20
дрібне	20	5...1
<u>Помел:</u>		
грубий	5...1	0,1...0.04
середній	0,1...0.04	0,015...0,005
тонкий	0,1...0.04	0,015...0,005
колоїдний	0,1	0,001

Залежно від виду дроблених матеріалів змінюється ступінь подрібнення дроблених матеріалів. $i=2...6$ для грубого помелу, $i=5...10$ для середнього помелу, >100 для тонкого помелу.

Фізико-механічні властивості матеріалу, що подрібнюється, а також тип і ступінь подрібнення визначають, який метод подрібнення слід вибрати.

Руйнування твердих тіл - це процес утворення нових поверхонь усередині матеріального тіла під дією зовнішніх сил. При частковому руйнуванні твердого тіла виникають різноманітні тріщини, які змінюють структурно-механічні властивості об'єкта.

Фрагментація речовини - це фактично штучне руйнування твердого тіла, у процесі поділу твердого тіла на кілька частин.

Процес руйнування твердих тіл під дією зовнішніх сил буде відбуватися лише за наявності однієї з умов:

1. Там, де завантажується абразивний матеріал, виникне локальне перенапруження в мікрооб'ємі поверхні.
2. Структура тіла шліфувального матеріалу має отвори, нерівну структуру та можливі дефекти.
3. У тілі абразивного матеріалу часто виникають значні пружні та пластичні деформації.

Міцність, пластичність, пружність і текучість є механічними властивостями твердого тіла, які визначають його правильну поведінку під впливом зовнішніх впливів. Досягнувши межі текучості, при перевищенні межі пружності, матеріал починає текти і руйнуватися внаслідок дії навантаження і пластичної деформації. При досягненні межі міцності абразивний матеріал руйнується. Розмір тіла зменшується, а межа міцності зростає, оскільки зменшується кількість дефектів абразивного матеріалу.

Насправді крихкість і пластичне руйнування матеріального тіла зазвичай відбувається в процесі подрібнення. Під час процесу об'ємного крихкого руйнування матеріал трохи деформується, але залишкової деформації після руйнування не буде.

Енергія, яка використовується одночасно, використовується для подолання сил, які дозволяють частинам тіла зчепитися одна з одною, тобто створити нову поверхню. При руйнуванні тіла з пластичного матеріалу енергія витрачається не тільки на розрив структурних зв'язків, а й на великі пластичні деформації. Енергія, яка витрачається на деформацію, природним чином перетворюється на тепло. Це вимагає набагато менше енергії, ніж пластичне руйнування крихких матеріалів. Враховуючи фізичний стан багатьох матеріалів, їх крихкість і пластичність, подрібнення крихких матеріалів є більш ефективним з енергетичної точки зору.

В даний час не існує єдиної теорії твердого руйнування. Для різних фізичних станів об'єктів і умов їх пошкодження розроблені, досліджені та

використовуються відповідні моделі пошкоджень. Відповідного теоретичного опису процесу подрібнення деревини немає.

Існуючий теоретичний опис процесу подрібнення деревини в основному зосереджений на розрахунку споживання енергії.

Відповідно до теорії поверхні німецького вченого Пітера фон Ріттінгера, робота, витрачена на подрібнення, полягає в подоланні цих молекулярних тяжінь, які діють на всю поверхню матеріального тіла. Вся ця робота пропорційна площі поверхні сформованого об'єкта:

$$A = k_R D^2, \quad (2.3)$$

або
$$A = k \Delta S, \quad (2.4)$$

де k_R , та k – коефіцієнти пропорційності;

D – розмір частини матеріалу, мм;

ΔS – площа новоутвореної поверхні, мм².

Якщо питома поверхня матеріалу обернено пропорційна лінійним розмірам то роботу можна обчислити за:

$$A_I = K(d_K^{-1} - d_{II}^{-1}), \quad (2.5)$$

де K — коефіцієнт пропорційності безпосередньо залежить від механічних властивостей і форми основних частинок матеріалу.

Відповідно до теорії фрагментації, запропонованої вченими В. Л. Кірпічовим і Д. Кіком, вона називається законом Кіка-Кірпічова. Передбачається, що енергія, яка витрачається на деформацію матеріального тіла, досягає граничної деформації перед його руйнуванням. Коли матеріал досягає граничної деформації, його тіло руйнується без споживання енергії. Отже, виконана робота буде прямо пропорційна зменшенню об'єму основної маси матеріалу перед подрібненням:

$$A = k_R D^3, \quad (2.6)$$

де D^3 – об'єм матеріалу, мм³.

А згідно із законом Гука повна деформаційна робота матеріалу розраховується за такою формулою:

$$A_2 = (\sigma_p^2 \Delta V) / 2E, \quad (2.7)$$

де σ_p - границя міцності матеріалу, Па;

ΔV - зменшення об'єму матеріалу перед руйнуванням і під час деформації, мм³;

E - модуль пружності, Па.

Відповідно до цього закону витрачена енергія прямо пропорційна об'єму тіла.

Наведена вище теорія поверхні значною мірою відповідає тонкому подрібненню, яке зосереджується на розколюванні та подрібненні, оскільки навантаження, створюване дробаркою, в основному несе поверхня матеріального тіла.

Найбільше до розчавлення наближається об'ємна теорія, при якій тиск вантажу розподіляється по значній поверхні і практично весь об'єм тіла чинить опір його руйнуванню. Ці дві теорії подрібнення доповнюють одна одну і безпосередньо відповідають закону подрібнення П. А. Ребіндера, згідно з яким енергія, що витрачається на подрібнення матеріалу, є сумою термінів:

$$A = \sigma \Delta F + K \Delta V, \quad (2.8)$$

де, $\sigma \Delta F$ - це робота, необхідна для створення нової поверхні, ΔF , і дорівнює питомій поверхневій енергії σ разів ΔF .

$K \Delta V$ - енергія деформації, де K – масштабний коефіцієнт, що дорівнює роботі, витраченій на деформування об'єму об'єкта, ΔV – об'єм деформованого об'єкта.

Тому закон дроблення твердого тіла П. А. Ребіндера, що поєднує теорії Ріттінгера і Кірпічева-Кіка, має наступний вигляд:

$$dA/dx = - K/x^n, \quad (2.9)$$

де K , n - емпіричні константи;

x - характеристичні розміри заготовки, мм.

Інтегрування цього виразу в діапазоні від $x = d_n$ до $x = d_k$ дає вираз (2.4), коли $n = 2$, і аналітичний вираз для теорії об'єму, коли $n = 1$.

Застосування наведених вище теорій і законів дроблення твердого тіла значною мірою залежить від його фізичних і механічних властивостей. Фізико-механічні властивості матеріалів, форма і однорідність частинок, ступінь подрібнення різні, тому існує нагальна потреба в розробці, дослідженні та застосуванні подрібнювальних машин різних конструкцій.

2.3. Методика розрахунку

Для розрахунку подрібнювача деревини та його вузлів і механізмів необхідно визначити його конструктивно-технічні параметри.

Продуктивність машини, потужність, геометричні параметри, корисні коефіцієнти для процесу первинного подрібнення деревини - це основні параметри для розрахунку машини RM-51.

Подрібнювач деревини RM-51 - це дисково-ножовий подрібнювач. Теоретичне та практичне вивчення процесу подрібнення деревини за допомогою прокатного обладнання, що описується методом пружного деформування.

Для перевірки та розрахунку параметрів механізму кочення ми використовуємо теоретичні методи дослідження, засновані на теоретичних принципах динаміки рідини кочення, рівняннях залежності пружної або пластичної деформації матеріалу, що подрібнюється, теорії розмірів або теорії подібності.

Теорія гідродинаміки кочення в якості вихідних рівнянь руху деревини на валу подрібнювача RM-51 розглядає рівняння, пов'язані з пружною або пластичною деформацією матеріалу. Пропонований метод базується на відомій залежності пружної деформації матеріалу. Цей метод застосовують при подрібненні, обробці пружних або дуже твердих пластичних порід деревини, коли основним фактором є не пластичність, а пружна деформація матеріалу.

Використовуючи методику, яка базується на відомих залежностях пружних деформацій матеріалу нами було отримано формулу для розрахунку розпирного зусилля коли діє пружна деформація:

$$P = \frac{4ER^2b_n}{h_n} \sin \alpha (1 - \cos \alpha), \quad (2.10)$$

де E – модуль пружності матеріалу;

R – радіус дискового ножа;

b_n – початкова ширина матеріалу (кусок деревини);

h_n – початкова довжина матеріалу (кусок деревини);

α – кут захвату матеріалу дисками.

Ця формула дозволяє розрахувати зусилля, що виникають між валками при первинному подрібненні деревини. Це пов'язано з тим, що під час розрахунку максимального кінцевого питомого тиску на деревину, де є мінімальний зазор між роликками основного подрібнювача деревини.

Ця технологія базується на аналізі розмірів і теорії подібності та використовується для аналізу та розрахунку різних процесів. Застосовуючи теорію подібності, слід враховувати, що ця теорія не може дати більше ніж перше рівняння, яким можна описати процес первинного подрібнення деревини машиною RM-51.

Вихідні рівняння роблять можливим їх інтегральні розв'язки, і вони справедливі в певних межах для певної сукупності подібних явищ.

На основі розмірної теорії отримаємо методи визначення потужності роликкових і розпирних зусиль. За умов постійної температури обробки загальна функція для розрахунку сили розширення для первинного подрібнення деревини машиною RM-51 така:

$$P = f(B, \gamma, \omega, h, D, L, F), \quad (2.11)$$

де $B = \frac{h_n - h_2}{h_n - h_1}$ – коефіцієнт відновлення матеріалу;

γ – питома вага матеріалу;

ω – кутова швидкість диска;

D – діаметр диска;

L – ширина матеріалу на диску;

F – фрикція дисків;

h_n – початкова висота матеріалу;

h_1 - висота матеріалу під навантаженням;

h_2 - висота матеріалу без навантаженням

Відношення окружної швидкості одного ролика до окружної швидкості другого ролика називається силою тертя ролика, яка позначається буквою F [6].

На основі експериментальних досліджень процесу попереднього подрібнення деревини машини RM-51 запропоновано формули для визначення потужності та продуктивності з урахуванням конструктивних факторів та ступеня подрібнення ножових дисків машини:

$$P=1800 L d_l V K_p D, \quad (2.12)$$

$$N=28,6VL(D + 0,25), \quad (2.13)$$

або

$$N= 0,1iP, \quad (2.14)$$

де V - кутова швидкості поверхні диска, м/с;

L – довжина, м;

d_l – зазор між дисками;

K_p – коефіцієнт розчеплення деревини;

D – діаметр дисків, м;

i – ступінь подрібнення деревини.

Крім того запропоновано формулу для подрібнювальних ножових дисків, а також формулу для визначення продуктивності дисків з урахуванням певних залежностей від середнього розміру частинок деревини та структурних факторів.:

$$Q=150 i^{0,5} d_k L V_c \gamma, \quad (2.15)$$

де i – ступінь подрібнення деревини;

d_k – середній розмір часток кінцевого продукту;

L – довжина, м;

V – середня швидкість дисків, м/с;

γ – щільність матеріалу

За наведеними вище формулами ми визначили продуктивність і потужність конкретної попередньої дробарки деревини, використаної в експериментальних дослідженнях, а також конкретні дані машини RM-51, її конструкцію і технологічні параметри.

Емпіричні рівняння отримані на основі статистичних методів експериментальних досліджень. Використовуючи ці емпіричні рівняння, ми описуємо вплив коливань дисків, швидкостей і тертя подрібнювача деревини RM-51 на подрібнення деревини та споживання енергії при подрібненні [8].

Отже, ці емпіричні рівняння мають вигляд:

$$Q = 1,01(80,23 - 25,46X_1 + 2,22X_1^2) + (0,63 + 0,21X_2 - 0,01X_2^2), \quad (2.16)$$

$$F = (-2,95 + 5X_1 - 0,48X_1^2) \times (1,01X_2 - 0,155X_1 + 0,019X_2^2), \quad (2.17)$$

$$E_m = 1,005(17,16 - 11,09X_1 + 2,78X_1^2) \times (1,43 - 0,28X_2 + 0,155X_2^2), \quad (2.18)$$

$$E = 1,088(37 + 6,03X_1 - 0,83X_1^2) \times (1,57 - 0,42X_2 + 0,026X_2^2), \quad (2.19)$$

де Q – продуктивність подрібнення;

F – питома поверхня одержаного подрібненого матеріалу;

E_m – енерговитрати на одиницю ваги матеріалу, який подрібнюємо;

E – енерговитрати на утворену біомасу;

X_1 – колова швидкість одного диска машини;

X_2 – колова швидкість другого диска машини.

Методи теорії пластичності та пружності, теоретичної механіки та прикладної механіки були застосовані для демонстрації методу механічного подрібнення дерев'яної конструкції на ножових дисках подрібнювача деревини RM-51.

Щоб визначити необхідну відносну деформацію ε_{pm} для забезпечення початкового подрібнення деревини, необхідно кут кручення γ вважати рівним 0. Деформація ε_{pm} визначається наступним виразом:

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{pm}^2 \cos^2 \gamma (\cos \alpha + \mu^2 \sin^2 \alpha) + 2\varepsilon_{pn} \cos^2 \gamma \times \\ & \times (\cos^2 \alpha - \mu^2 \sin^2 \alpha) + \cos^2 \gamma - \cos^2 \gamma = 0, \end{aligned} \quad (2.20)$$

де μ – коефіцієнт Пуасона;

γ, α – кут початкового кручення та напрямку кручення.

Розглянемо коефіцієнт тертя f між частинами деревини та за відносною деформацією визначимо силу, яка утримує подрібнений матеріал у диску подрібнювача p_ϵ :

$$P = P_{CD} + (K_2 P_{CD} + \frac{EI}{2\rho^2}) \times e^{2fI_0/I}, \quad (2.21)$$

де f – сила тертя, яка викликана крученням деревини;

$P_{CD} = \eta \frac{dV}{dX} \pi d L_0$ – сила опору зсуву деревини;

$\frac{dV}{dX} = \frac{V}{Kd}$ – градієнт швидкості зсуву;

Kd – товщина зазору;

η – коефіцієнт динамічної вязкості;

$K_2 = \frac{I_1}{I_0} = \frac{1}{n}$ – величина, обернена до числа прямолінійно складених

частин деревини;

E, I, ρ – модуль пружності матеріалу, момент інерції перерізу, радіус деталі;

d – діаметр деталі.

Проаналізувавши математичну модель машини для подрібнення деревини RM-51, ми визначили рекомендований діапазон проектування та використання технічних факторів для забезпечення комбінованих зусиль з використанням оптимальних значень корисних прямих функціональних параметрів.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВИНИ

3.1. Дослідження технологічних характеристик машини для подрібнення деревини RM-51

Процес подрібнення деревини в дробарці відбувається двома ножовими дисками, які послідовно обертаються один відносно одного. Сировина потрапляє в дробарку, в простір з ножовими дисками. Там деревина подрібнюється шляхом механічного дроблення та часткового рубання.

Конструкція дробарки складається з двох робочих ножових дисків, встановлених на рамі, і приводного валу за допомогою роликів підшипників. Ці диски та ножі змінні та виготовлені зі сплаву марганцевої сталі.

Обертання ведучого вала передається на перший робочий диск через пару шестерень. І вона передається від першого робочого диску до другого через другу пару шестерень, встановлених на робочому валу.

При установці між дисками в прокатному стані зазору необхідного розміру зміщення робочої осі досягається переміщенням підшипника одного з дисків, при цьому їх положення фіксується відповідно прокладками з одного боку і потужна пружина для регулювання натягу. У цьому випадку пружина захищає дробарку від пошкоджень. Пружина розширює простір між дисками, дозволяючи предметам, які неможливо розчавити, проходити між дисками.

Мобільна і зручна у використанні машина для подрібнення деревини, пристосована для використання з трактором, де вал відбору потужності (ВВП) служить приводом для рубального диска. Це універсальна машина, яка дає можливість ефективно переробляти відходи деревообробки на

технологічну і паливну тріску або біомасу, а також з легкістю міняти робочу зону через застосування разом з трактором.

Завдяки мобільності RM 51 з легкістю може подрібнити матеріал безпосередньо на місцях проведення санітарних рубок, лісозаготівель, обрізки садових господарств, узбіччях доріг і малодоступних місцях.

Отримана тріска або біомаса може використовуватися для виробництва ДСП і ДВП, паливних брикетів, пелет для спалювання в котлах, ТЕС та ін.



Рисунок 3.1 - Машина для подрібнення деревини RM-51.

Дробарка в основному використовується для тонкого і середнього подрібнення деревини різної міцності. Готовий розмір прямого подрібнення залежить від величини початкового зазору між дисками і їх робочої поверхні.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики

Параметр	RM 51
Тип	мобільний
Привід механізмів різання	ВВП
Привід механізмів подачі	гідросистема трактора
Кількість обертів ножового диска, об/хв	1000
Діаметр ножового диска, мм	795
Розміри подрібнювальної деревини, Ø мм	до 180
Продуктивність, м ³ /год.*	до 15
Положення завантажувального бункера	горизонтальне
Розмір фракції щепи на виході, мм	довжина 25-50 ширина 25-50 товщина 5-10
Кут повороту вихлопної труби	180°
Висота викиду щепи, мм**	2440
Масло гідравлічне	МГЕ 46В
Тиск масла в гідросистемі, бар	140
Габаритні розміри: ДхШхВ, мм	1660x1250x2426
Вага, кг	600

Переваги машини RM-51:

- Можливість транспортування машини на потрібне місце.
- Конструкція виключає розрив диска.
- Адаптована під будь-трактор потужністю від 80 кВт.
- Муфта диска дозволяє швидко перенастроювати машину на потрібну фракцію.
- Кріплення ножів покращують подачу деревини і зменшують тертя диска.
- Диск має систему анти-заклинювання.
- Наявність дифракційної муфти на кардані.
- Лабіринтове ущільнення запобігає намотуванню матеріалу на вал.

- Управління системою подачі приносить задоволення від легкості і зручності.
- Компактний і потужний привід роликів подачі, не вимагає заміни масла і забезпечує безперебійну роботу системи в будь-яких умовах і режимах.
- Прямий привід роликів забезпечує простоту в обслуговуванні.

Диски приводяться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу і дві пари шестерень. При цьому частота обертання становить 25-120 об /хв.

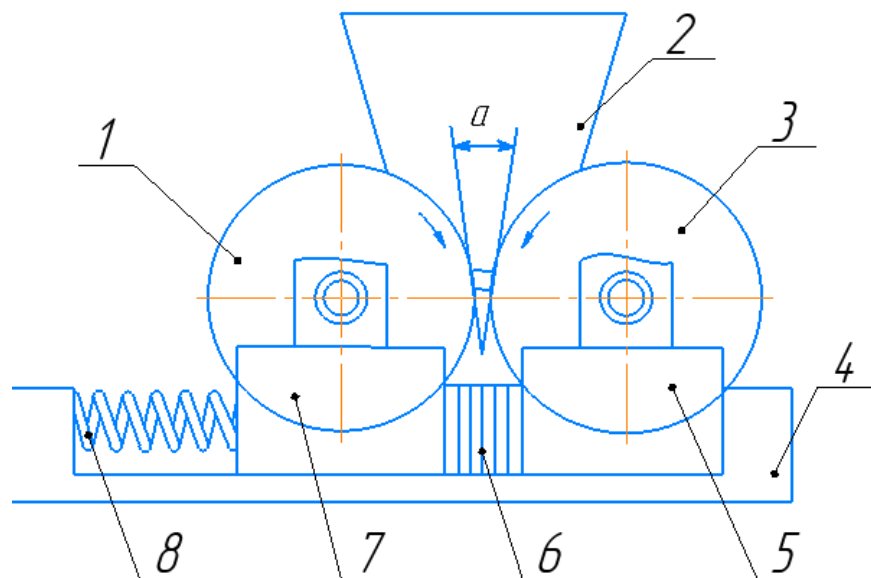


Рисунок 3.2 - Схема експериментальної установки для дослідження впливу технологічних та конструктивних параметрів машини для подрібнення деревини на основні показники роботи:

1, 3 – диски; 2 – бункер; 4 – станина; 5 – нерухомий підшипник; 6 – прокладка; 7 – рухомий підшипник; 8 – пружина.

Крім того, на рамі 4 в підшипниках 5, 7 встановлені диски 1, 3, один з яких нерухомий (5), а другий (7) рухомий і переміщується в горизонтальній площині. Таким чином необхідний зазор між дисками можна змінювати та встановлювати за допомогою прокладок 6.

Пружини 8 діють на рухомі підшипники 7, вони забезпечують необхідний тиск і перешкоджають швидкому руйнуванню вузлів і деталей конструкції машин, що використовуються переважно для подрібнення деревини, при наявності металевих предметів та інших сторонніх предметів.

Деревина з приймального бункера 2 над вальцями 1, 3 повинна бути рівномірно розподілена по всій довжині дисків. Шматки деревини захоплюються ножами, які обертають і подрібнюють матеріал, і сила, яка притягує деревину, повинна бути набагато більшою за силу, яка виштовхує її.

Оптимальне значення кута захоплення деревини (простір між частинками, які втягуються в ролики) можна визначити за наступною формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha / 2 \leq \mu, \quad (3.1)$$

де α – кут кріплення, утворений від дотичної до поверхні диска в точці, де частинки деревини контактують з диском.

Величина кута α до прямої залежить від діаметра дисків подрібнювача, розмірів простору і конфігурації блоків. Тому, коли зазор постійний, теоретично існує певне співвідношення між діаметром диска D і розміром частинок матеріалу d .

Диски мають різну швидкість обертання. За цей час деревина подрібнюється в міру ламання. У процесі подрібнення деревини буде виділятися велика кількість тепла, тому барабан подрібнювача можна зробити порожнистим, враховуючи цей фактор, можна пропускати воду всередину барабана для охолодження.

Продуктивність (кг/год) дискової дробарки визначається за формулою:

$$G = 60bl\pi Dnr\varphi, \quad (3.2)$$

де b — ширина щілини, м;

l — довжина, м;

D — діаметр дисків, м;

n — частота обертання дисків, хв⁻¹ ;

ρ — густина матеріалу, кг/м³ ;

φ — коефіцієнт, що враховує нерівномірність подавання матеріалу.

Отже, основними конструктивними параметрами дискової дробарки деревини є діаметр D диска та розмір розвантажувального отвору, які визначають продуктивність дробарки та розмір подрібненого готового продукту.

Сучасні дробарки для подрібнення деревини роликової деревини виготовляються з рухомих опорних підшипників для одного і другого дисків. Пружина, розташована за опорним підшипником, дозволяє дискам рухатися, ця функція дозволяє їм вільно проходити крізь тверді додаткові предмети, які падають між ними.

3.2. Визначення потужності подрібнювача деревини

Потужність, необхідна для подрібнювача деревини, визначається за формулою:

$$N = N_{nod} + N_{x.x.}, \quad (3.3)$$

де N_{nod} – кількість енергії, яка витрачається на подрібнення матеріалу (в даному випадку деревини), кВт;

$N_{x.x.}$ - енергія, що витрачається на рух машини для первинного подрібнення матеріалу на холостому ході, кВт;

Енергія, яка витрачається на процес подрібнення деревини, визначається за такою формулою:

$$N_{nod} = A_{nod} g, \quad (3.4)$$

де A_{nod} - енерговитрати на попереднє подрібнення з урахуванням відносної вологості деревини 14%, Дж/кг;

g – рекомендована продуктивність машини для первинного подрібнення деревини RM-51, приймаємо $g=0,95$ кг/с, або 30 т/год:

$$A_{nod} = A_{nod} C_w, \quad (3.5)$$

де C_w – поправочний коефіцієнт,

$$C_w = 1 + 1,07(B - 14), \quad (3.6)$$

де B – приймаємо фактичну відносну вологість зрубаної деревини $B = 17\%$;

$$C_w = 1 + 1,07 \cdot (17 - 14) = 4,21$$

$A_{\text{под}}$ – питома робота подрібнення, Дж/кг;

$$A_{\text{под}} = C_{\text{пр}} \cdot [C_v \lg \lambda^3 + C_s(\lambda - 1)], \quad (3.7)$$

де $C_{\text{пр}}$ – коефіцієнти, що відображають конструктивні особливості, робочий механізм, принцип роботи та інші невраховані чинники подрібнювача деревини, приймаємо $C_{\text{пр}} = 0,9$.

C_v, C_s – розмірні коефіцієнти, для деревини, приймаємо $C_v = 0,12$ кДж/кг,

$$C_s = 1,3 \text{ кДж/кг};$$

λ – ступінь подрібнення матеріалу:

$$\lambda = L/l, \quad (3.8)$$

де L – середня довжина початкового матеріалу, $L = 60$ мм;

l – середня довжина кінцевого матеріалу, $l = 15$ мм,

$$\lambda = 60 / 15 = 4$$

Підставляємо значення у формулу (3.7) та визначаємо $A_{\text{под}}$:

$$A_{\text{под}} = 0,9 [0,12 \cdot \lg \cdot 4^3 + 1,3 \cdot (4 - 1)] = 3,69 \text{ Дж/кг},$$

Підставляємо значення у формулу (3.5) і проводимо розрахунок:

$$A_{\text{под}} = 3,69 \cdot 3,14 = 11,5 \text{ Дж/кг},$$

Підставляємо значення у формулу (3.4) і проводимо розрахунок:

$$N_{\text{под}} = 11,5 \cdot 0,95 = 10,9 \text{ кВт},$$

Енергія, що витрачається приводом машини на первинне подрібнення деревини в режимі холостого ходу, визначається за наступною формулою:

$$N_{\text{х.х.}} = N_{\text{с.др}} + N_{\text{транс}}, \quad (3.9)$$

де $N_{\text{с.др}}$ – енергія, яка використовується для подолання опору в камері дроблення самої машини, кВт;

$N_{транс}$ – енергія, яка використовується для подолання тертя підшипників,

$$N_{транс} = 0.1 \cdot N_{под} = 0,1 \cdot 10,7 = 1,07 \text{ кВт},$$
$$N_{с.др} = 0,0105 \cdot M_p, \quad (3.10)$$

де M_p – момент опору частин машини, що обертаються, Н·м:

Момент опору обертових частин машини визначається за такою формулою [8]:

$$M_p = 1/2550 \pi^3 \cdot C_f \rho \cdot r_{\epsilon}^5 \cdot N^2 \cdot z_{\epsilon}, \quad (3.11)$$

де, $C_f = 0,042$ – коефіцієнт тертя;

r_{ϵ} – радіус дисків, $r_{\epsilon} = 0,35$ м;

$z_{\epsilon} = 2$ – кількість дисків;

$\rho = 0,05$ кг/м³ – об'ємна маса матеріалу;

$N = 25$ об/хв – частота обертання дисків.

Тоді підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$M_p = 1/2550 \cdot 3,143 \cdot 0,042 \cdot 0,05 \cdot 0,35^5 \cdot 25^2 \cdot 2 = 0,003 \text{ Н·м.}$$

Підставляємо значення у формули та виконуємо обчислення:

$$N_{с.др} = 0,0105 M_p \cdot n = 0,0105 \cdot 0,003 \cdot 25 = 0,7 \text{ кВт.}$$

Підставляємо значення в формулу і проводимо розрахунок:

$$N_{х.х} = N_{с.др} + N_{транс} = 0,7 + 1,07 = 2,4 \text{ кВт,}$$

Підставляємо його в рівняння (3.3) для обчислення:

$$N_1 = 10,9 + 2,4 = 13,3 \text{ кВт.}$$

Отже, потужність машини, необхідна для подрібнення деревини, дорівнює 13,3 кВт.

3.3. Визначення продуктивності подрібнювача

Продуктивність (кг/год) дробарки визначається за формулою:

$$G = 60bl\pi Dn\rho, \quad (3.12),$$

де b — ширина щілини, м;

l — довжина, м;

D — діаметр диска, м;

n — частота обертання дисків, хв⁻¹ ;

ρ — густина матеріалу, кг/м³ ;

φ — коефіцієнт, що враховує нерівномірність подавання матеріалу.

Підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$G = 1,5 \cdot 60 \cdot 1,75 \cdot 0,7 \cdot 51 \cdot 1,3 = 7,3 \text{ т/год.}$$

Тому продуктивність машин подрібнення деревини буде 7,3 т/год.

3.4. Показники, які впливають на процес подрібнення деревини

На процес подрібнення деревини істотний вплив мають природні характеристики і геометрія матеріалу, що подрібнюється. Значний вплив на процес має також траєкторія і швидкість руху матеріалу. Це безпосередньо залежить від параметрів, конструктивних особливостей, способу подрібнення і форми робочого механізму машини для подрібнення.

На основі експериментального дослідження процесу подрібнення деревини RM-51 встановлено процес подрібнення деревної на частинки різної форми. Так, як показано на рис. 3.3 зображено план подрібнення шматка дерева в куб.

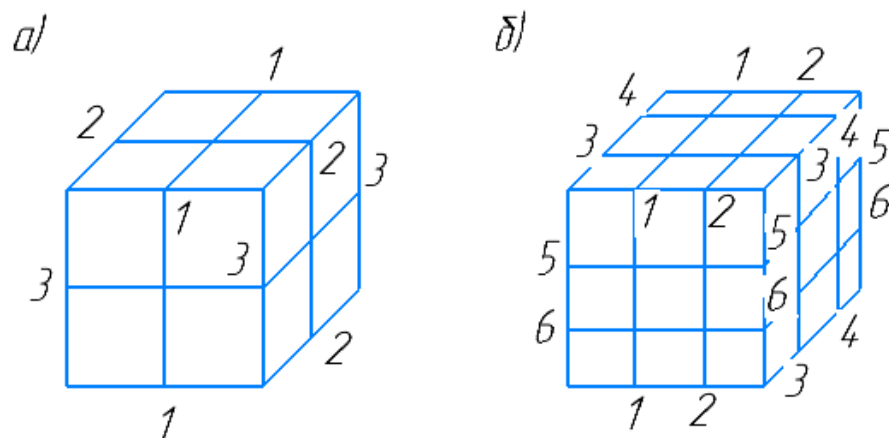


Рисунок 3.3 - Схеми подрібнення кубика

На основі даних і значень показників, отриманих у результаті досліджень та експериментів, побудовано графіки залежності потужності

подрібнення деревини та пропускної здатності камери подрібнення машини від кута захоплення.

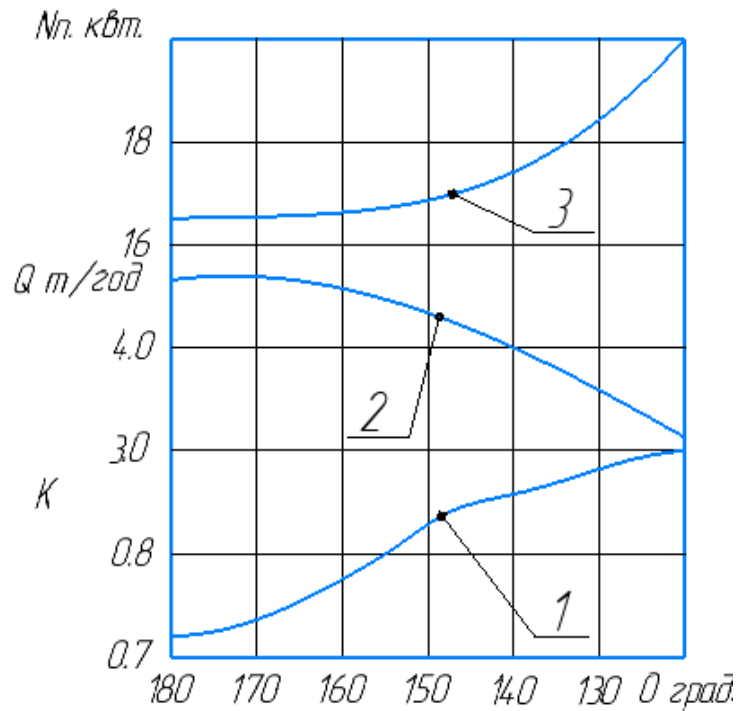


Рисунок 3.4 - Графік залежності необхідної потужності, яка затрачується на подрібнення деревини та пропускної здатності отвору камери подрібнення машини від кута захоплення.

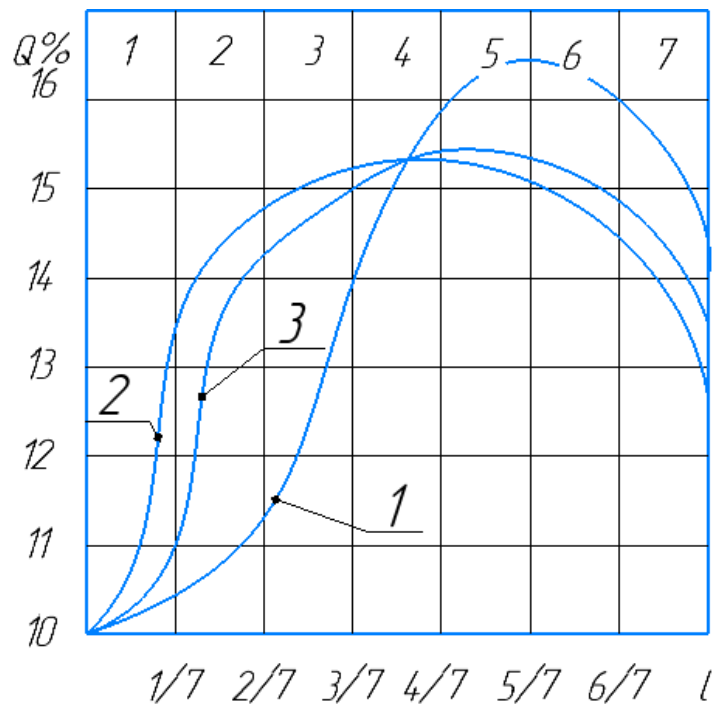


Рисунок 3.5 - Графік залежності швидкості подачі деревини в камеру подрібнення від частин подрібнювального матеріалу.

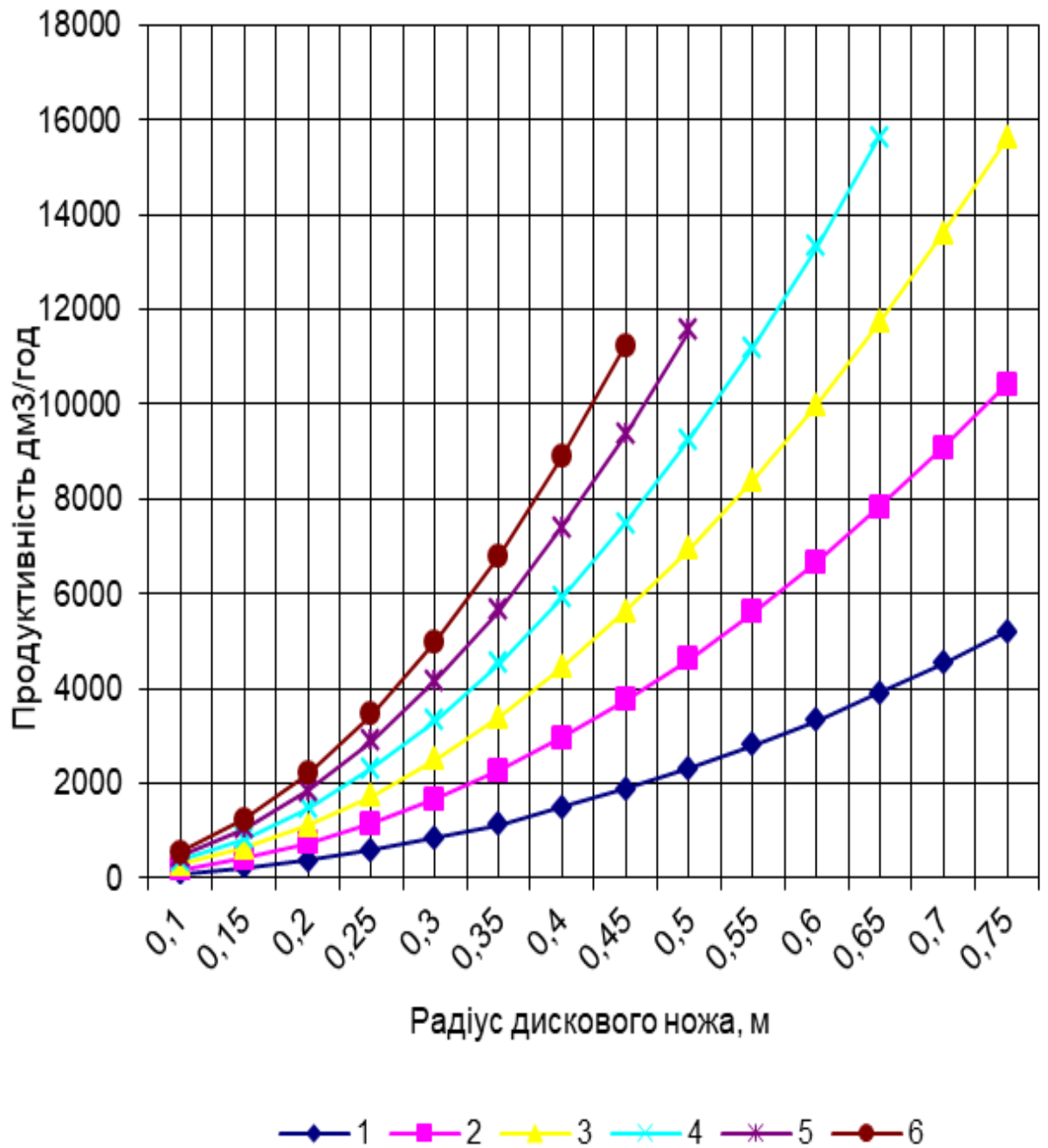


Рисунок 3.6 – Залежність продуктивності від співвідношення радіуса ножового диска і частоти обертання.

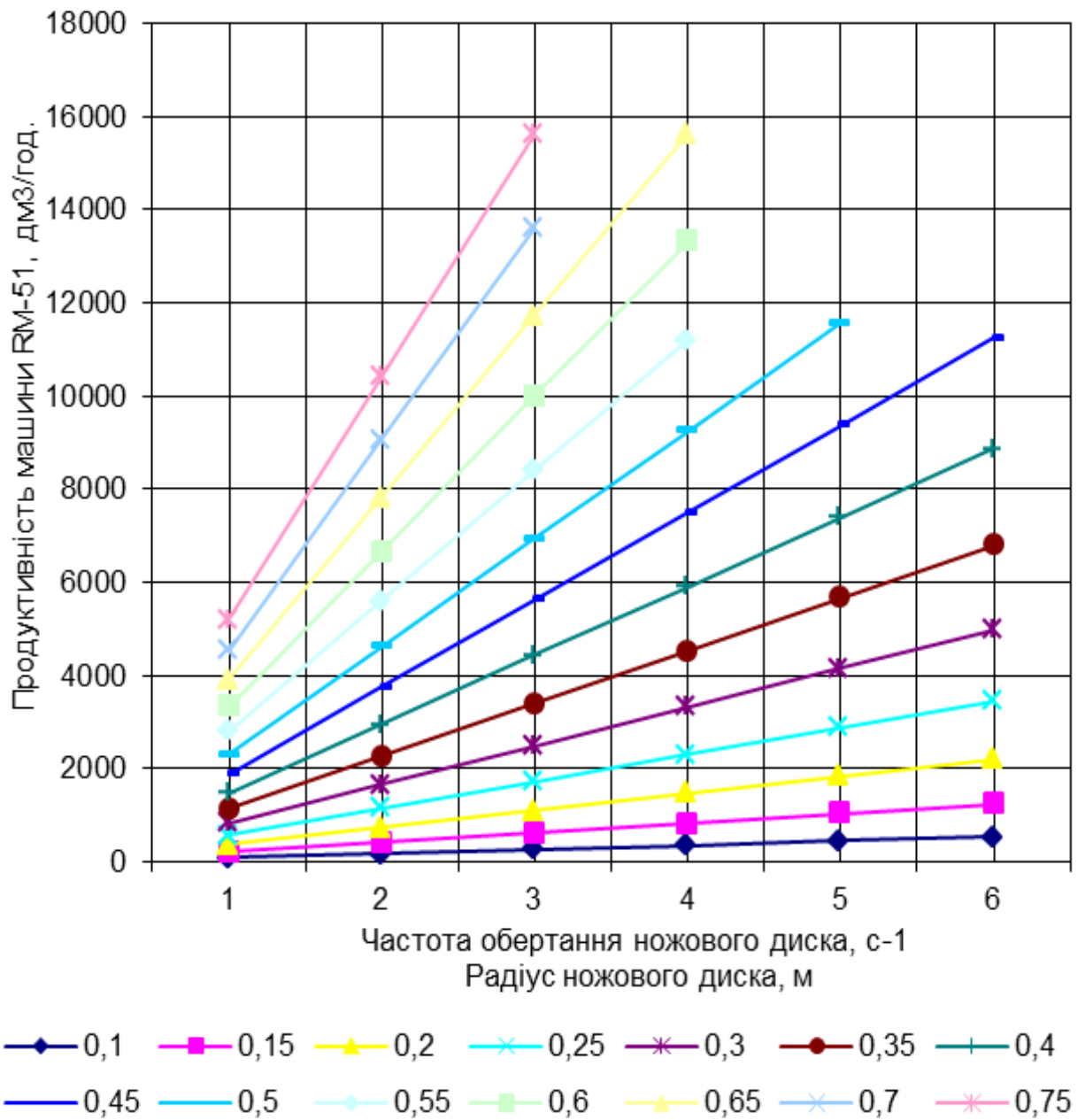


Рисунок 3.6 – Залежність продуктивності від співвідношення частоти обертання ножового диска і його радіуса.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

4.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Охорона праці — це система заходів, спрямованих на створення безпечних і здорових умов праці. У процесі праці люди за допомогою певних засобів (машин, інструментів, пристроїв) впливають на предмети праці в умовах існуючого середовища. [10].

Залежно від характеру роботи людина може зазнавати різноманітних впливів навколишнього середовища: механічних, хімічних, термічних, електричних, електромагнітних, радіаційних, біологічних тощо.

Організм може переносити таку поведінку без наслідків, лише якщо вона не перевищує певного рівня та тривалості.

Перевищення цих рівнів і тривалості призведе до пошкодження організму, а коли воно досягне певного рівня, це означає нещасний випадок або травму. Будь-який компонент роботи може бути прямим джерелом такої шкоди.

Ураження організму може виникнути після прямих контактних (механічних, хімічних, електричних) і дистанційних (світло, тепло) дій або через певні проміжки часу (наприклад, після радіоактивного опромінення).

Під шкідливими та небезпечними виробничими факторами розуміють різноманітні виробничі фактори, які можуть викликати у людей певну поведінку.

Будь-які шкідливі або небезпечні виробничі фактори за певних умов будуть впливати на людину. Кожен небезпечний виробничий фактор, незалежно від його виду, має певну сферу дії, яка може бути фіксованою або змінною.

Кожна дія, через яку людина потрапляє в небезпечну зону, буде позначена як небезпека. Виникає внаслідок порушення технічних умов експлуатації обладнання, правил охорони праці тощо.

Процес виробництва визначає високі вимоги до електропостачання, водопостачання та каналізації. Тому рішення з електропостачання та виробництва повинні забезпечувати більш високу надійність.

Недоліки технологічного обладнання, низький рівень організації виробництва, низький професійний рівень працівників зумовлюють небезпечні умови праці.

До вентиляції пред'являються підвищені вимоги. Специфічні обставини виробництва можуть призвести до наявності великої кількості домішок у повітрі, що може мати шкідливий вплив на здоров'я виробничого персоналу. Підприємство має власний медичний центр, і працівники повинні пройти медичне обстеження у визначений термін.

Утилізація відходів виробництва є дуже складною, завдає великої шкоди навколишньому середовищу та становить небезпеку для життя людей. Всі підрозділи та об'єкти підприємства оснащені заземленням, на якому базується його значення ДЕСТ [7].

Корпус електрообладнання повинен бути заземлений, що унеможлиблює потрапляння напруги на обслуговуючий персонал при короткому замиканні.

Для надійного захисту обслуговуючого персоналу під час грозових розрядів у виробничих приміщеннях і розподільних шафах встановлюються пристрої блискавкозахисту.

Всі технології та технічні рішення, використані при розробці електропостачання комплексу, спрямовані на підвищення надійності електропостачання та створення безпечних умов праці обслуговуючого персоналу.

Збільшуючи фінансування заходів з охорони праці, необхідно також наголосити на вдосконаленні системи управління охороною праці – її основних функцій (прогнозування та планування роботи, фінансування робіт, організація та координація роботи, облік показників стану роботи), забезпечення ефективного управління охороною праці. умови та безпека

праці; аналіз та оцінка умов праці та безпеки ситуацій; контроль функціонування систем управління навколишнім середовищем; стимулювання підвищення рівня безпеки праці) і завдань (безпека будівель і споруд, безпека виробничих процесів, безпека обладнання, роботи на питанні охорони праці Навчання та підвищення кваліфікації, професійний вибір працівників, наявність засобів індивідуального захисту, оптимальний режим праці та перерви, лікувально-профілактичне обслуговування працівників, гігієна та догляд, забезпечення норм гігієни та санітарно-гігієнічних умов праці).

Одним із запропонованих підрозділів (варіантів) покращення стану охорони праці може бути розробка або вдосконалення окремих завдань чи функцій системи управління охороною праці для галузей, регіонів/регіонів, господарств, підрозділів тощо. [10].

Крім того, важливою ланкою покращення стану охорони праці є забезпечення трудової дисципліни.

Джерелами фінансування заходів щодо поліпшення умов праці підприємства можуть бути: власні кошти підприємства, кошти від реалізації запасів, кредити, кошти державного бюджету, благодійні пожертвування тощо.

Високоінтенсивне використання трудових ресурсів та їх концентрація на підприємствах потребує створення відповідних умов праці, що є комплексом факторів виробничого середовища, що впливають на ефективність праці та здоров'я працівників. Вони поділяються на оздоровчо-гігієнічні, психофізіологічні та естетичні аспекти.

До комплексних гігієнічних факторів належать: освітленість робочого місця, рівень шуму, вібрації, наявність шкідливих речовин тощо.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» безпосередня організація та проведення заходів з охорони праці покладається на керівників підприємств та інженерів з охорони праці, а також на адміністративно-технічний персонал виробничих підрозділів. Інженери несуть відповідальність за організацію охорони праці.

Під час укладення трудового договору керівник повинен проінформувати працівників ТОВ «АРІЄС-УКРАЇНА» про умови праці на їх робочому місці, наявність на робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів та їх можливі наслідки для здоров'я, його права на пільги та компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства та колективних договорів.

Умови праці на робочому місці, безпека, здоров'я та побутові умови процесів, машин і установ повинні відповідати вимогам Нормативного акту про охорону [10].

Працівники мають право відмовитися від дорученої роботи, якщо виникла виробнича ситуація, яка становить загрозу для їхнього життя чи здоров'я, людей і навколишнього середовища.

На керівників або уповноважені ними органи також покладається обов'язок проводити систематичне навчання працівників з охорони праці.

Розрізняють вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, повторний інструктаж і нерегулярне навчання. Провести інструктаж з техніки безпеки під час прийому працівників. Веде особа, відповідальна за виробничий підрозділ. Запис про проведення інструктажу робиться в журналі реєстрації інструктажу з охорони.

Персональну відповідальність за протипожежну роботу підприємства несе помічник відповідального за кожний підрозділ з пожежної безпеки.

Організація роботи з охорони праці є однією з головних умов зниження виробничого травматизму, професійної захворюваності та підвищення продуктивності праці.

Аналіз виробничого травматизму дозволяє охарактеризувати загальний рівень виробничого травматизму через відносні величини – індекс частоти травм (ІР) та індекс тяжкості травматизму (ІР) [7].

Показник частоти травматизму — кількість травм на 100 працюючих. Він кількісно характеризує ступінь травматизму, отриманого на виробництві.

Цей показник знижувався для підприємств протягом періоду дослідження, що є позитивним.

Показник тяжкості травми описує кількість днів, протягом яких кожна жертва була тимчасово непрацездатною.

Значення показника Pt підприємства в основному свідчить про те, що тяжкість виробничого травматизму на підприємстві відносно низька. Під час перевірки умов праці на підприємстві встановлено, що всі працівники були в робочому одязі, але не у всіх були помітні засоби індивідуального захисту.

Аналіз виробничого травматизму показує, що майже всі нещасні випадки відбуваються через порушення правил та інструкцій з техніки безпеки.

4.2. Фінансування заходів з охорони праці

Відповідно до чинного законодавства фінансування заходів з охорони праці підприємства здійснюється за рахунок коштів Фонду охорони праці. Кошти на охорону праці цільового призначення не підлягають використанню на інші цілі [].

Кошти використовуються в наступних напрямках:

- придбання засобів індивідуального захисту;
- придбання робочого одягу;
- витрати на особливі потреби;
- Поліпшення санітарно-побутових умов;
- Навчання з питань охорони праці;
- Придбайте спеціальне харчування.

Створення оптимальних умов праці – складне завдання, з яким можна впоратися:

- Своєчасно посвідчувати умови праці на робочому місці та заповнювати у встановлені терміни бланк санітарно-технічних умов. Розробити специфікації обладнання та матеріалів, необхідних для виконання

заходів програми, та подати відповідним органам рекомендації щодо розподілу фінансування;

— Своєчасно забезпечувати працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту;

— своєчасно проводити аналіз виробничого травматизму та професійних захворювань, підбивати підсумки виконання комплексних планів покращення умов охорони праці;

- Поліпшення естетичного оформлення промислових підприємств і робочих місць;

Таблиця 4.1 -. Заходи з охорони праці та витрати коштів в ТзОВ “АРІСС-УКРАЇНА” за 2022 рік

Зміст заходів	Вартість робіт, грн.	Відповідальний за виконання заходів
Створення безпечних та здорових умов праці: а) механізація окремих видів робіт у галузях виробництва	713195	головний інженер
б) обладнання підприємства новими системами вентиляції	375193	головний інженер
в) естетичне оформлення виробничих приміщень і робочих місць	75913	директор
Всього виділено коштів	1164301	-

У результаті реалізації заходів з охорони праці створюється певний соціальний і економічний ефект, який виражається з одного боку підвищенням продуктивності праці, збільшення обсягу випуску продукції за рахунок повного використання номінального фонду робочого часу і основних виробничих фондів; з іншого – зниженням матеріальних затрат

внаслідок травматизму і захворювань за рахунок зниження оплати листків непрацездатності.

4.3 Аналіз умов праці, побуту і профілактики травматизму

У процесі виробничої трудової діяльності на працівників можуть впливати певні небезпечні фактори, а саме: механічні, хімічні, біологічні і психофізичні.

Аналізуючи умови праці в товаристві з обмеженою відповідальністю ТзОВ “АРІСС-УКРАЇНА” необхідно усунути такі недоліки, а саме:

- низький рівень механізації на окремих ділянках;
- підвищену вологість;
- відсутність місцевої витяжної вентиляції біля заточних верстатів і на місцях зварювальника;
- недостатню забезпеченість працівників спецодягом і засобами захисту.

Поряд із існуючими недоліками умов праці необхідно відмітити, що при усуненні вище наведених чинників, умови праці можна визнати добрими.

Побутові умови відповідають вимогам охорони праці. На підприємстві є санітарно-побутова кімната, яка обладнана всім необхідним, для створення побутових умов.

Для зниження виробничого травматизму за останні роки на підприємстві було підвищено рівень проведення таких заходів:

- проведення своєчасних інструктажів з питань охорони праці;
- навчання та перевірка знань з охорони праці працівників;
- забезпечення засобами індивідуального захисту;
- проведення дня охорони праці ;
- чітке дотримання і виконання вимог інструкції з охорони праці.

4.4. Розробка заходів щодо покращення стану охорони праці

Основна мета охорони праці – попередження виробничого травматизму та професійних захворювань. Основними організаційними аспектами цієї мети є [5]:

- створення відповідних служб з охорони праці і забезпечення їх функціонування;
- розроблення і реалізація комплексних заходів щодо охорони праці, впровадження прогресивних технологій;
- усунення причин, що приводять до нещасних випадків, професійних захворювань і виконання профілактичних заходів;
- дослідження умов праці, атестація робочих місць та їх відповідність нормативним актам;
- розробка та затвердження положень, інструкцій та інших нормативних документів про охорону праці;
- постійний контроль за умовами проходження виробничого процесу та додержання правил експлуатації машин, механізмів, пристроїв тощо.

Організація охорони праці здійснюється у відповідності із ДСТУ 12.0.004-96, а відповідальність за її організацію покладено на керівника підприємства.

4.5. Заходи техніки безпеки і виробничої санітарії під час первинного подрібнення деревини на машині RM-51

Правила техніки безпеки і виробничої санітарії наказують огорожувати всі обертові частини обладнання (вали, шківви, зубчасті передачі). Заборонено змащувати та ремонтувати рухомі частини на ходу, одягати, скидати та переводити привідні паси на ходу без відповідних

пристосувань. Якщо огорожі відсутні або несправні, машину для первинного подрібнення деревини RM-51 заборонено запускати в роботу.

Обслуговувати машини і механізми треба у комбінезонах, беретах, шлемах, тому що волосся та кінці одягу можуть бути захоплені і намотані обертовими частинами.

Стаціонарні машини для первинного подрібнення деревини на машині, типу RM-51, як правило, встановлюють на міцних бетонних фундаментах.

Щоб зменшити струси, ривки і рівень шуму між опорами машини, в бетонному фундаменті потрібно вкладають дерев'яні бруси (бажано твердих порід дерева), що поглинають відчутні вібрації машини.

Під час експлуатації машини для первинного подрібнення деревини RM-51, необхідно дотримуватись певних правил.

До роботи та обслуговування машини для первинного подрібнення деревини допускаються тільки особи, які технічно підготовлені і отримали необхідні знання та склали відповідні іспити.

На початку роботи, перед пуском машини потрібно переконатися в надійності основних вузлів та деталей устаткування і запевнитися у відсутності залишків подрібнювального матеріалу в камері подрібнення машини. Запускати в експлуатацію, починати роботу машини, можна тільки за умови вільної камери подрібнення.

Після запуску, машина повинна пропрацювати на холостому ходу поки досягнемо номінальне числа обертів приводного валу. Цей етап технологічного процесу проводимо на номінальному режимі протягом 3-4 хв. Тільки виконавши ці вимоги, можна приступати до завантаження матеріалу деревини в камеру подрібнення машини.

Повну зупинку машина RM-51 можна проводити тільки після повного припинення надходження роздрібнюваного матеріалу деревини у приймальний пристрій та після завершення процесу подрібнення.

Після завершення технологічного процесу, повної зупинки машини, її необхідно оглянути, перевірити змащувальні вузли та пристрої та очистити від пилу та залишків матеріалу, що накопичився в ній.

Особлива увага під час експлуатації машин необхідно звертати на систему змащування. Для змазування всіх тертьових поверхонь частин повинні застосовуватися марки олів, які рекомендовані технічною інструкцією фірми - виробника.

Для машин подрібнення деревини необхідно проводити щоденний технічний огляд з метою перевірки стану машини, виявлення і усунення несправностей, щоб попередити можливі аварії, та нещасні випадки.

Перед пуском конвеєрів та інших машин з рухливими частинами попередньо дають попереджувальний умовний сигнал. Пуск і зупинку машини передбачено як з дистанційного пульта керування, так і з місця її обслуговування.

Для запобігання нещасних випадків від враження струмом слідкують за тим, щоби електромережа та пускові пристосування були у повній справності.

Електродвигуни, електромережі, які вкладені в трубах, щільно заземлюють. Електрообладнання, мережі вторинної комутації, схеми диспетчеризації, сигналізації і автоматичного контролю подрібнення деревини обслуговує електрик не нижче IV розряду.

4.6. Пожежна безпека

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція, Закон України „Про пожежну безпеку”, та інші закони України, Постанови Верховної Ради України, укази та розпорядження Президента України, рішення органів державної виконавчої влади, місцевого та регіонального самоврядування, прийняті в межах їх компетенції. Забезпечуючи пожежну безпеку слід також керуватись Правилами пожежної

безпеки в Україні, стандартами, будівельними нормами, Правилами улаштування електроустановок, нормами технологічного проектування та іншими нормативними актами, виходячи із сфери їх дій, які регламентують вимоги пожежної безпеки [9].

Пожежа – це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків.

Пожежна небезпека – можливість виникнення та (або) розвитку пожежі в будь-якій речовині, процесі, стані. Слід зазначити, що пожеж безпечних не буває.

Для успішного проведення протипожежної профілактики на підприємстві важливо знати основні причини пожеж. На основі статистичних даних можна зробити висновок, що основними причинами пожеж на виробництві є [13]:

- необережне поводження з вогнем;
- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;
- несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації;
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

Дуже часто пожежі на виробництві спричинені необережним поводженням з вогнем. Під цим, як правило, розуміють паління в недозволених місцях та виконання так званих вогневих робіт. Вогневими роботами вважають виробничі операції, пов'язані із використанням відкритого вогню, іскроутворення та нагрівом деталей, устаткування, конструкцій до температур, що здатні викликати займання горючих речовин і матеріалів, парів легкозаймистих рідин [10].

Основними причинами пожеж на підприємствах є:

- застосування відкритого вогню в різних місцях, виникнення іскор механічного і електричного походження;

- виникнення вогню в місцях короткого замикання електричних провідників;

- поява вогню від механічного перегрівання оброблювальних матеріалів;

- джерела вогню, що виникають внаслідок вибухів та інші.

Основними правилами поведінки людини при пожежах є:

- остерігатися високої температури, задимленості і загазованості, вибухів, падіння дерев і будівель, провалів у прогорілий ґрунт;

- небезпечно входити в зону задимлення, якщо видимість менше 10 м;

- в дуже задимлених місцях необхідно плазувати, оскільки внизу менша задимленість;

- для захисту від чадного газу необхідно дихати через вологу тканину;

- якщо на людині загорівся одяг, треба лягти на землю та збити полум'я, бігти не можна ні в якому разі, оскільки це ще більше роздуває полум'я;

- виходити із зони пожежі треба проти вітру, тобто в тому напрямку, звідки дує вітер.

При прийнятті на роботу усі працівники проходять інструктажі з пожежної безпеки. Працівники, що зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки.

Особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань, до роботи не допускаються.

Місця для проведення вогневих робіт можуть бути постійними і тимчасовими. Постійні місця визначаються наказом керівника підприємства, а тимчасові – письмовим дозволом керівника підрозділу.

На розвиток пожежі у будівлях і спорудах значно впливає здатність окремих будівельних елементів чинити опір впливу теплот, тобто їх вогнестійкість.

Вогнестійкість – здатність будівельних елементів та конструкцій зберігати свою несучу здатність, а також чинити опір нагріванню до критичної температури, утворенню наскрізних тріщин та поширенню вогню. Вогнестійкість конструкцій та елементів будівель характеризується межею вогнестійкості.

При проектуванні у будівництві промислових підприємств передбачаються заходи, які запобігають поширенню вогню шляхом [9]:

- поділу будівлі протипожежними перекриттями на пожежні відсіки;
- поділу будівлі протипожежними перегородками на секції;
- влаштування протипожежних перешкод для обмеження поширення вогню по конструкціях, по горючих матеріалах (гребені, бортики, козирки, пояси);
- влаштування протипожежних дверей і воріт;
- влаштування протипожежних розривів між будівлями.

4.7. Розробка заходів щодо захисту цивільного населення

Одним з найважливіших завдань держави є забезпечення захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.

Актуальність проблеми забезпечення природно-технічної безпеки населення і територій зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіями, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами. Ризик надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру невпинно зростає [10].

Захист населення і територій є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами рад, органами управління з питань надзвичайних

ситуацій та цивільного захисту, підпорядкованими їм силами та засобами підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності, добровільними формуваннями, що забезпечує виконання організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. На всіх об'єктах Цивільна оборона організовується з метою завчасної підготовки їх до захисту від наслідків надзвичайних ситуацій, зниження втрат, створення умов для поліпшення стійкості роботи об'єктів та своєчасного проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Забезпечення захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань не лише підприємства, але й цілої держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Захист населення є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами влад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення, підпорядкованими їм силами та підприємств, що забезпечують виконання організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Відповідно до характеру подій бувають різні види надзвичайних ситуацій:

- надзвичайні ситуації техногенного характеру: транспортні аварії(катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах;

- надзвичайні ситуації природного характеру: небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери.

- надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру: пов'язані з протиправними діями терористичного і антиконституційного спрямування; здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і утримання важливих об'єктів, ядерних установок, і матеріалів, системи зв'язку та телекомунікацій), встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, виявлення застарілих боєприпасів;

- надзвичайні ситуації воєнного характеру пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій.

Загрози життєво важливих інтересів громадян, держави, суспільства поділяються на зовнішні та внутрішні і виникають під час надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та воєнних конфліктів. Зовнішні загрози безпосередньо пов'язані з безпекою життєдіяльності населення і держави у разі розв'язання сучасної війни або локальних збройних конфліктів, виникнення глобальних техногенних екологічних катастроф за межами України, які можуть спричинити негативний вплив на населення та територію держави. Внутрішні загрози пов'язані з надзвичайними ситуаціями техногенного і природного характеру або можуть бути спровоковані терористичними діями.

Основними завданнями захисту населення і території під час надзвичайних ситуацій є []:

- розроблення і реалізація нормативно-правових актів, додержання державних технічних норм та стандартів з питань забезпечення захисту;
- населення і території від наслідків надзвичайних ситуацій; забезпечення готовності органів управління, сил і засобів до дій, призначених для запобігання надзвичайних ситуацій та реагування на них;
- розроблення та забезпечення заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- збирання та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації;
- здійснення державної експертизи, нагляду і контролю в галузі захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій;
- організація захисту населення (персоналу) та надання безкоштовної медичної допомоги;
- здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення;
- навчання та тренування населення способів захисту в разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- міжнародне співробітництво у галузі захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій.

З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має проводитися спеціальний комплекс заходів.

Оповіщення та інформування, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення населення.

Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності, досягається створенням фонду захисних споруд.

Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Відповідно до «Методики визначення економічної вигоди від застосування нових технологій, винаходів і раціоналізаторських рішень у народному господарстві» економічну вигоду від нових технологій, винаходів і раціоналізаторських рішень можна виявити лише шляхом порівняння їх показників з існуючими показниками. Остання служить основою для порівняння. При визначенні річного економічного ефекту від нових технологій, винаходів і раціоналізаторських пропозицій базу порівняння обирають залежно від етапу та мети проведених розрахунків.

При розробці плану будівництва, при виборі оптимального варіанту нового обладнання для подрібнення деревини, за основу порівняння беруть техніко-економічні показники кращої дробарки, яка має найменшу вартість за рекомендованою продуктивністю. Подрібнений матеріал.

При визначенні річного економічного ефекту за розрахунковий рік базою вирівнювання є:

- при використанні нового обладнання для заміни аналогічного обладнання - техніко-економічні показники заміненого підприємством обладнання;
- коли дане підприємство використовує нове обладнання, яке раніше не використовувалося - базою для порівняння служать техніко-економічні показники деревоподрібнювальних машин, що використовуються на інших підприємствах (якщо машина використовується більше ніж на одному підприємстві, береться найкращий показник).

Для забезпечення порівнянності схеми порівняння вартість основного обладнання привела до умов підприємства, на якому була втілена нова подрібнювальна машина. Річний економічний ефект E (років на рік) від модернізації існуючих машин або встановлення нових машин становить.

$$E = [(C_1 + 0,15 K_1) - (C_2 + 0,15 K_2)] B, \quad (5.1)$$

де C_1, C_2 – Відповідно за порівнянням (базова) і вартість імпортих машин для подрібнення 1 тонни деревини, грн.; K_1, K_2 - відповідно питомі капіталовкладення виробничих фондів на виробництво устаткування вирівнювальних (базових) та введених установок підприємств, за конструкцією ідношення балансової вартості матеріальної частини та подрібнювальної машини до річного випуску продукції визначено для впровадження машин Б подрібнення 0,15 – нормативний коефіцієнт економічної вигоди капітальних вкладень.

Термін окупності додаткових капітальних вкладень на реконструкцію або впровадження нової техніки визначається за такою формулою:

$$T = (B_2 - B_1) / E, \quad (5.2)$$

де B_1, B_2 - балансова вартість у грн., для порівняльних (базових) та впроваджених машин відповідно.

Дробарка деревини буде працювати 2010 годин на рік.

При визначенні вартості подрібнення ми враховуємо наступні категорії витрат (розраховані на подрібнення 1 тонни деревини): основна заробітна плата обслуговуючого персоналу; додаткова заробітна плата 20% від основної заробітної плати; відрахування внесків на соціальне страхування (4,4% від основної заробітної плати, базова плата); амортизаційні відрахування (11% балансової вартості подрібнювачів деревини та 14,9% балансової вартості пересувних подрібнювачів деревини); витрати на поточний ремонт (25% амортизаційних відрахувань для переробних підприємств та 50% амортизаційних відрахувань), для промислових підприємств, витрати на паливо (залежно від конкретного виду та вартості палива) та електроенергію (розраховується виходячи з фактичної собівартості підприємства), інші витрати (охорона праці, спецодяг) складають 5% від загальної суми заробітна плата (включаючи додаткову заробітну плату та відрахування на соціальне страхування).

Вартість додаткового обладнання береться з оптового прейскуранту машин і устаткування переробної промисловості та запасних частин до них.

Встановлення додаткового обладнання приймається за 10% вартості. Витрати на будівельні роботи визначаються за діючими тарифами.

Капітальні вкладення, пов'язані зі створенням і впровадженням нових структур, включають:

- витрати на проектування;
- господарські витрати на придбання, транспортування, монтаж і налагодження обладнання та систем;
- інші витрати (планування фундаментів, споруд, вартість компенсаційних пристроїв тощо).

Обсяг капітальних вкладень для і-го варіанту K_i можна визначити за такою формулою:

$$K_i = C_{oi} + K_{тр.i} + K_{мі} + K_{спор.i} + \frac{K_{осв.i}}{N_i}, \quad (5.3)$$

де C_{oi} - витрати компанії на придбання обладнання, грн;

$K_{тр.i}$, $K_{мі}$ - вартість доставки, монтажу та налагодження цього обладнання, (грн);

$K_{спор.i}$ - інші витрати, пов'язані з облаштуванням заснування, мережі тощо (грн.);

$K_{осв.i}$ - витрати на навчання, щоб освоїти використання того самого обладнання, (грн);

N_i – обсяг продукції в перші 2-3 роки після освоєння, (шт.).

$$K_1 = 939750 + 34700 + 25300 + 19500 + 14700 = 1033950 \text{ грн.}$$

$$K_2 = 753400 + 23500 + 21700 + 12600 + 11700 = 822900 \text{ грн.}$$

Транспортні, монтажні та налагоджувальні витрати ($K_{тр.i}$, $K_{мі}$) розраховуються за допомогою цін, прейскурантів, тарифів транспортних компаній і компаній, що виконують монтажні та пусконаладжувальні роботи. Комплексний метод розрахунку також може бути використаний для визначення цих витрат на рівні 10%-20% C_o .

Вартість об'єктів будівництва та об'єктів зв'язку визначається методом зведеної калькуляції. Рекомендовано вартість укладання 1 куб.м фундаменту

під електрообладнання 25300 грн., вартість влаштування комунікацій – 10% Цоі.

Варіант 1 – Аналоги машин первинного подрібнення деревини.

Варіант 2 – Модифікований подрібнювач деревини RM-51.

Розрахунки капітальних витрат зручно подати в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 - Капіталовкладення за варіантами, що порівнюються

№ п/п	Найменування витрат	Значення, грн.	
		1 варіант	2 варіант
1.	Витрати на придбання устаткування, Ц _{оі}	339750	253400
2.	Витрати на транспортування, К _{тр.і}	34700	23500
3.	Витрати на монтаж і наладку, К _{мі}	25300	21700
4.	Інші витрати, К _{спор.і}	19500	12600
5.	Витрати на підготовку і освоєння виробництва, $\frac{K_{осв.}}{N}$	14700	11700
	Разом витрат, К _і	433950	322900
	Разом витрат з урахуванням коефіцієнта еквівалентності, а=0,85	368857,5	274465

Визначення економічної ефективності нового устаткування передбачає встановлення величини витрат на експлуатацію цього устаткування. Експлуатаційні витрати С_і складаються з амортизаційних відрахувань, витрат на ремонт і обслуговування, витрати на електроенергію і розраховуються за формулою:

$$C_i = C_{ai} + C_{обсл.і} + C_{ei} \quad (5.4)$$

де С_{аі} - амортизаційні відрахування, грн;

С_{обсл.і} - витрати на поточний ремонт та обслуговування, включаючи річну вартість матеріалів, необхідних для ремонту та експлуатації та заробітну плату ремонтно-обслуговуючого персоналу, грн.;

C_{ei} – Річна вартість активної електроенергії, грн.

Загальні амортизаційні відрахування C_{ai} можна визначити за наступною формулою:

$$C_{ai} = \frac{H_{ai} \cdot K_i}{100} \quad (5.5)$$

в якій H_{ai} - річна норма амортизаційних відрахувань, (%).

$$C_{a1} = \frac{15 \times 433950}{100} = 65092,5 \text{ грн};$$

$$C_{a2} = \frac{15 \times 322900}{100} = 48435 \text{ грн};$$

Витрати на обслуговування обладнання можна визначити за такою формулою:

$$C_{\text{обсл.і}} = Ч_0 \cdot \Phi_{\text{ср.рік}} \cdot \frac{F_0}{F_g} \quad (5.6)$$

де $Ч_0$ - кількість осіб обслуговуючого персоналу;

$\Phi_{\text{ср.рік}}$ – середньорічний фонд заробітної плати працівника, (грн/рік), розрахований за середньогалузевим показником.

F_0 - середня тривалість робочого часу на обслуговування обладнання одним працівником (год.);

F_g - ефективний річний фонд часу на одного працівника, (годин) приймається 1775-1780 годин на рік;

$$C_{\text{обсл.1}} = 2 \cdot 144000 \cdot 7/1775 = 1123,2 \text{ грн};$$

$$C_{\text{обсл.2}} = 1 \cdot 144000 \cdot 7/1775 = 561,6 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт (включаючи витрати на матеріали) прийнятні в розмірі 15-20% від амортизаційних відрахувань.

Результати розрахунку річних експлуатаційних витрат наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Щорічні експлуатаційні витрати за варіантами, що порівнюються.

п/п	Найменування витрат	Сума, грн.	
		1 варіант	2 варіант
1.	Амортизаційні відрахування C_{ai}	65092,5	48435
2.	Витрати на поточний ремонт і обслуговування $C_{обсл.i}$	1123,2	561,6
3.	Разом витрат, C_i	66215,7	48996,6
4.	Разом витрат K_i з урахуванням коефіцієнта еквівалентності, $a=0,85$	112566,69	83294,22

Результати значень капітальних витрат і річних експлуатаційних витрат для кожного порівнюваного варіанту використовуються для визначення зниження витрат.

Зазначені вище збори розраховуються за такою формулою:

$$V_i = E_n \cdot K_i + C_i \quad (5.7)$$

де V_i – наведено вартість i -го варіанта технічного рішення, грн/рік;

K_i - капітальні витрати i -того варіанту, (грн);

C_i - річні експлуатаційні витрати (виробничі витрати) тощо.

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності, що визначає мінімальний економічний ефект, який можна отримати від інвестування капіталу в конкретну галузь економіки., $E_n=0,2$.

$$V_1 = 0,2 \cdot 112566,69 + 66215,7 = 178782,39 \text{ грн/рік};$$

$$V_2 = 0,2 \cdot 83294,22 + 48996,6 = 132290,82 \text{ грн/рік}.$$

Розрахунковий термін окупності додаткових капітальних вкладень за рахунок економії коштів.

$$T_p = \left| \frac{K_1 - K_2}{C_1 - C_2} \right| \quad (5.8)$$

K_2 і K_1 – капіталовкладення варіанту 1 і варіанту 2 відповідно;

C_1 і C_2 - щорічні експлуатаційні витрати варіантів 1 і 2 відповідно.

$$T_p = \frac{112566,69 - 83294,22}{66215,7 - 48996,6} = 1,7 \text{ роки.}$$

Отримані результати заносимо в таблицю 6.3.

Таблиця 5.3 - Економічні показники

№ п/п	Найменування витрат	Одиниці виміру	Варіанти	
			1 варіант	2 варіант
1	Капітальні витрати, К	грн	112566,69	83294,22
2	Щорічні експлуатаційні витрати, С	грн/рік	66215,7	48996,6
3	Приведені витрати, В	грн/рік	178782,39	132290,82
4	Термін окупності, T_p	роки	-	1,7

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Проведено аналіз основних типів подрібнювачів деревини. Подана класифікація різноманітних видів машин, та їх порівняльна характеристика. Представлено різноманітні типи машин для подрібнення деревини, які для подрібнення використовують принципи стиску та зсуву, подані їх техніко – економічні характеристики. Розглянуто ряд машин, в основі принципів подрібнення яких використовується удар та протирання, а також інші типи машин, які використовують роздавлення, розколювання і інші принципи подрібнення. Окремо розглянуто робочі органи всіх представлених типів подрібнювальних машин, проведено залежності для технологічних та силових розрахунків робочих органів подрібнювачів. Представлено методики технологічного розрахунку подрібнювальних машин, які служать основою для визначення їх продуктивності та параметрів роботи.

Після проведених необхідних досліджень та обґрунтувань, було проведено моделювання технологічних та конструктивні параметрів машини для подрібнення деревини RM-51. Визначено потужності, продуктивності подрібнювача які впливають на процес подрібнення деревини. Представлено графічні залежності необхідної потужності, яка затрачається на подрібнення деревини та пропускної здатності отвору камери подрібнення машини від кута захоплення. Графік залежності швидкості подачі деревини в камеру подрібнення від частин подрібнювального матеріалу. Залежність продуктивності від співвідношення радіуса ножового диска і частоти обертання.

Для запобігання виникнення травмонебезпечних ситуацій розроблено структурно – функціональний аналіз технологічного процесу подрібнення деревини. Проведено моделювання травмонебезпечних та аварійних ситуацій. Обґрунтовано організаційно – технічні рекомендації стосовно безпечного перебігу виробничого процесу та протипожежні заходи. Розроблено заходи із збереження навколишнього середовища, що є

запорукою безпечного існування, зокрема: охорона ґрунтів та ефективне використання водних ресурсів, охорона атмосферного повітря і рослинного та тваринного світу. Проведено комплекс заходів, скерованих на покращення цих показників.

Проведено фінансово - економічне обґрунтування каліфікаційної роботи, в тому числі розрахунок трудомісткості, енергоємності, металоємності, затрати праці, основних фінансово – економічних показників.

Пропонуємо подальше вдосконалення конструктивних параметрів подрібнювальних машин для досягнення вищої продуктивності, ефективності та якості подрібнення деревини. Рекомендуємо приділяти більше уваги охороні праці.

Запорукою якісного виконання цих відповідальних і складних функцій є комплексне володіння інженера знаннями конструктивних параметрів подрібнювальних машин і властивостей сировини та способів їх зміни.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Баб'як О. С. Екологічне право України : навчальний посібник / О. С. Баб'як, П. Д. Біленчук, Ю. О. Чирва. – Київ : АТІКА, 2000. – 216 с.
2. Бутко Д.А., Луценков В.Л., Лехман С.Д. Практикум з охорони праці.- К.:Урожай, 1995.-144 с.
3. Гриньова В.М. Організація виробництва: навчальний посібник / В.М. Гриньова, М.М. Салун. – К.: Ліра-К, 2009. – 552с.
4. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С.. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014 – 353 с
5. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Підручник. - Вид. 5-те доповнення. - Львів: Афіша, 2000. - 350 с.
6. Залога В.О. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Навчальний посібник для студентів ВНЗ машинобудівних спеціальностей / Частина I / Під ред. Коренькова В.М. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 286 с.
7. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.
8. Здросис К.П. Керування спеціальними режимами електромеханічних систем механізмів підйому з асинхронним електроприводом: автореф. дис. на здоб. ступ. канд. техн. наук: спец. 05.09.03 „Електротехнічні комплекси та системи” / К.П. Здросис. – О., 2001. – 17 с.
9. Закон України “Про охорону праці”.
- 10.Серіков Я. О. Безпека життєдіяльності – секюритологія. Проблеми. Завдання. Шляхи вирішення : монографія : в 2-х. ч. / Я. О. Серіков, Л.

- Ф. Коженєвські. – Харків : ХНАМГ ; Краків : ЕАС, 2012. – Ч. 1. – 168с.
Ч. 2. – 337 с.
- 11.Кодра Ю.В., Стоцько З.А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: Навч. посібник. –Львів: Бескид Біт, 2004. -466с.
- 12.Козик В.В. Організація виробництва: навчальний посібник / В.В. Козик, А.С. Гавриляк. – К.: Знання, 2011. – 222с.
- 13.Мацибора В.І. Економіка підприємства: навчальний посібник / В.І. Мацибора. – К.: Каравела, 2012. – 312с.
- 14.Назарук М.М. Основи екології та соціоекології. – Львів.: “Афіша”, 1999.-256с.
- 15.Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Навчальний посібник для студентів ВНЗ машинобудівних спеціальностей / Частина I / Під ред. Коренькова В.М. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 286 с.
- 16.Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М., С.С. Добрянський. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Навчальний посібник для студентів ВНЗ машинобудівних спеціальностей. / Частина II. / Під редакцією Коренькова В.М. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 204 с.
- 17.Технологічні основи машинобудування. Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт і самостійної роботи студентів інженерно-хімічного факультету та механіко-машинобудівного інституту / Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Субін А.А., Гриценко В.М. Під редакцією Петракова Ю.В. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 112 с.
- 18.Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
- 19.[HTTPS://ARJES.COM.UA/](https://arjes.com.ua/)