

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

Пояснювальна записка

до дипломної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

«Магістр»

на тему: «Обґрунтування конструктивних параметрів, що впливають на продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок дерев»

Виконав: здобувач вищої освіти
за ОПП Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
освітнього ступеня «магістр» групи 1

Лазоренко Андрій Ігорович

Керівник: Ляшенко Сергій Васильович

Рецензент: Горбенко Олександр Вікторович

Полтава – 2022 року

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на тему: «Обґрунтування конструктивних параметрів, що впливають на продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок дерев».

Дипломна робота складається з пояснювальної записки, що містить 66 сторінок, 15 рисунки, 11 таблиць, і 8 слайдів презентації.

Метою дипломної роботи є обґрунтування конструктивних параметрів, що впливають на продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок дерев.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є конструктивні параметри малогабаритного подрібнювача гілок дерев.

Предметом досліджень є технологічний процес подрібнення гілок дерев.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження шляхом визначення питомої продуктивності досліджуваної машини. Практичні способи визначення продуктивності малогабаритного подрібнювача гілок дерев. Встановлення норм та технічного забезпечення процесів з використанням відомих методів моделювання на підставі основних положень вищої математики та теоретичної механіки.

Пояснювальна записка містить аналіз стану питання, методичку та основні методи конструктивних параметрів, що впливають на продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок дерев, результати теоретичних досліджень технології подрібнення гілок дерев, рекомендації щодо практичної реалізації розробки, загальних висновків і пропозиції, список використаних джерел [1].

Ключові слова: ПОДРІБНЕННЯ ГІЛОК ДЕРЕВ, КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ, ТЕХНОЛОГІЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, МАЛОГАБАРИТНИЙ ПОДРІБНЮВАЧ.

ЗМІСТ

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| ВСТУП | 8 |
| 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ | 10 |
| 1.1. Поводження з дерево-рослинними відходами | 10 |
| 1.2. Характеристика вихідного матеріалу після подрібнення | 12 |
| 1.3. Аналіз конструкцій подрібнювачів гілок | 17 |
| 1.4. Аналіз конструкції досліджуваного подрібнювача гілок | 22 |
| 1.5. Висновки за розділом 1 | 24 |
| 2. МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ Ошибка! Закладка не определена. | |
| 2.1. Програма дослідження | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.2. Методика проведення експериментальних досліджень | 25 |
| 2.3. Методика планування експерименту | 29 |
| 2.4. Методика визначення діаметра гілок | 31 |
| 2.5. Методика визначення вологості ваговим методом | 34 |
| 2.6. Висновки за розділом 2 | 35 |
| 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ | Ошибка! |
| Закладка не определена. | |
| 3.1. Результати теоретичних досліджень | 36 |
| 3.2. Результати експериментальних досліджень | 39 |
| 3.3. Результати визначення вологості гілок дерев | 42 |
| 3.4. Висновки за розділом 3 | 44 |
| 4. Рекомендації щодо практичної реалізації досліджень Ошибка! Закладка не определена. | |
| 4.1. Екологічна експертиза | 45 |
| 4.3 Охорона праці | 48 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4. Техніко-економічне обґрунтування результатів досліджень..... | 55 |
| 4.5. Висновки за розділом 4..... | 57 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... | 58 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 59 |
| ДОДАТКИ..... | 62 |

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні найбільше уваги сконцентровано навколо проблем екології та наслідків кліматичних змін – зменшення площ льодовиків, підвищення рівня світового океану, почастишали випадки сильних штормів, торнадо, деякі регіони страждають від рясних повеней. Ці зміни торкаються природи, а, отже, значною мірою впливають на життя, здоров'я та добробут людей.

За останнє тисячоліття накопичення парникових газів (вуглекислого газу, метану, озону і оксиду азоту) в атмосфері досягло межі, яка є безпрецедентною. Тому сьогодні науковці роблять наголос не на традиційні види палива, а на ефективне використання поновлюваних джерел енергії, нейтральних щодо парникових газів.

Відповідно до Директив Європейського парламенту та Ради Європи частка відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країни має становити 20%, у т.ч. для потреб транспорту – до 10%.

Переваги нової політики відновлюваної енергетики, починаючи з дотримання нами екологічних зобов'язань задля майбутніх поколінь та закінчуючи соціально-економічними перевагами, дають поштовх для подальшого інноваційного розвитку без заподіяння шкоди навколишньому середовищу. Ефективне використання відновлюваних джерел енергії є цінністю для всього суспільства, зокрема тому, що надійне енергопостачання може сприяти значному покращенню рівня життя та зростанню економіки.

Таким чином, стимулювання правильної переробки відходів та розвиток відновлюваної енергетики є не тільки державним або світовим вектором розвитку, а й нашим спільним завданням для покращення життя.

Метою дипломної роботи є обґрунтування конструктивних параметрів, що впливають на продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок дерев.

У відповідності до поставленої мети необхідно вирішити наступні основні задачі:

1. Дослідним шляхом встановити вплив конструктивних параметрів малогабаритного подрібнювача на продуктивність його роботи;

2. Розробити операційну технологію подрібнення та адаптувати її до умов присадибної ділянки застосувавши удосконалений малогабаритний подрібнювач гілок;

3. Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності використання запропонованого удосконалений малогабаритний подрібнювач гілок в умовах присадибної ділянки з метою забезпечення подрібненого альтернативного паливного матеріалу.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є конструктивні параметри малогабаритного подрібнювача гілок дерев.

Предметом досліджень дипломної роботи є технологічний процес подрібнення гілок дерев.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження шляхом визначення питомої продуктивності досліджуваної машини. Практичні способи визначення продуктивності малогабаритного подрібнювача гілок дерев. Встановлення норм та технічного забезпечення процесів з використанням відомих методів моделювання на підставі основних положень вищої математики та теоретичної механіки.

Наукова новизна роботи полягає у наступному:

- розроблена методика визначення залежності продуктивності малогабаритного подрібнювача гілок від їх діаметру та вологості із застосуванням методів статистичної оцінки;

- розроблена технологія подрібнення гілок дерев адаптована до умов присадибної ділянки особистого селянського господарства;

- отримано значення оптимальних налаштувань конструктивних параметрів малогабаритного подрібнювача гілок з метою отримання максимальної продуктивності машини.

Практичне значення роботи полягає в розробленні методики застосування малогабаритного подрібнювача гілок дерев при отриманні паливного матеріалу в умовах особистого селянського господарства.

Розроблені рекомендації щодо налаштування конструктивних параметрів малогабаритного подрібнювача на виконання технологічного процесу подрібнення гілок з найменшими енергозатратами при максимальній продуктивності.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Поводження з дерево-рослинними відходами

Досвід Європейських держав показує прикладання численних зусиль для збереження навколишнього середовища та просування поновлюваних джерел енергії.

Хоча дерево-рослинні відходи не несуть шкоди довкіллю, їх утилізація та переробка дають корисну для людини сировину. Також завдяки певним методам обробки деревної маси вдається скоротити темпи вирубування лісів.

В Європі мають багатий досвід переробки відходів. Стосовно деревних відходів, існує декілька способів переробки деревини:

- Спалювання
- Піроліз
- Екстракція
- Гаряче пресування
- Гідроліз
- Подрібнення

Спалювання – традиційний термічний спосіб утилізації. В процесі спалювання виділяється тепло, яке використовується для опалення або нагріву води. Спосіб є найбільш дешевим та найменш корисним.

Піроліз – дороговартісний спосіб, в результат якого отримують деревне вугілля. Процес полягає у нагріванні біомаси до 450 градусів, при яких відбувається процес піролізу (згорання без кисню). Вихідний матеріал стабілізують, охолоджують та фасують. В процесі піролізу виділяються рідкий залишок та газ, яким також знаходять застосування. Рідина проходить кілька ступенів переробки, внаслідок якої одержують альдегіди, оцтову кислоту та метиловий спирт, а газ очищують та використовують для опалення.

Результатом процесу стає деревне вугілля – паливо з високим коефіцієнтом тепловіддачі. Деревне вугілля використовують у промислових та побутових котлах, на металургійних підприємствах та в медицині.

Метод екстракції застосовується для переробки деревної кори хвойних порід. В результаті отримують технологічну пару, луб'яні волокна та дубильні екстракти. Спосіб включає екстракцію речовин з кори гарячою водою при температурі 80-90°C у гідродинамічному апараті протягом 20 хв. Недолік – використання дорогих хімічних реагентів.

Гаряче пресування є головним способом отримання паливних брикетів та пелет. У процесі пресування тирси та стружки створюється тиск, що сприяє виділенню з деревини клейкої речовини - лігніну. Лігнін склеює між собою стружки та тирсу. Спресований матеріал охолоджують та обрізають до необхідної довжини.

За допомогою гідролізу з деревини отримують лігнін – природний полімер, що володіє здатністю до високої абсорбції токсичних речовин.

Біомаса завантажується в апарат для гідролізу та нагрівається до 140-160°C протягом 30-60 хв. По досягненню заданих значень температури та тиску починається процес перколяції. Ця операція включає подачу гарячої води та сірчаної кислоти через змішувач та одночасний відбір гідролізату.

Перед завершенням припиняють подачу кислоти, після чого промивають лігнін гарячою водою. Потім залишки води просушують. Отриманий лігнін вантажать на транспортні засоби та вивозять за призначенням.

Подрібнення – поширений спосіб серед малих сільськогосподарських підприємств. Гілки та обрізки дерева подрібнюють спеціальним обладнанням для отримання тріски, яку направляють на подальшу переробку або компост.

В Україні відходами деревини, на жаль, поки що нехтують – в основному їх даремно спалюють. Так, у містах під час санітарних прибирань після вирубування, гілля й крони дерев збирають у великі купи та спалюють. У селах малі приватні домогосподарства аналогічним чином позбуваються залишків з

виноградників та плодових дерев. Без жодної користі для людини, а й зі шкодою довкіллю. Натомість цей «непотріб» є цінною сировиною для використання як джерела постійно поновлюваної енергії.

Та все ж прогресивні технології потроху впроваджуються в життя українців. Так, в Україні великими та малими підприємствами все ширше застосовується подрібнення деревини та подальше її компостування. Також має місце брикетування деревної маси із застосуванням її як біопалива для опалення будівель.

1.2. Характеристика вихідного матеріалу після подрібнення

Отриману після подрібнення сировину ділять за рядом критеріїв, основними з яких є – форма, розмір, порода деревини, вологість, теплотворність та інші.

Якщо говоримо про використання подрібненої деревини як палива, то форма не має жодного значення, а розмір регламентується та ділиться на класи. Оскільки технічний регламент котлів для спалювання подрібненого матеріалу передбачає певний гранулометричний склад в залежності від механізму завантаження. Шнековий механізм подачі тріски зазвичай блокується частинками тріски розміром більше 8 мм., що призводить до аварійної зупинки механізму подачі. Тому, матеріал подрібнення потребує просіювання на решетах відповідного розміру та калібру.

Порода деревини хоча й впливає на теплотворність, але не є принциповим показником. Але вологість подрібненої деревини відіграє важливу роль при спалюванні і безпосередньо впливає на теплопровідність. Тому стандарт для тріски, що буде використана у якості паливного матеріалу, також містить обмеження по значеннях вмісту залишкової вологи.

У свою чергу, решта характеристик регламентується європейським стандартом DIN EN ISO 17225-4, див. табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація деревної тріски по розміру часток

| Основний клас крупності ^a , мм | Вміст дрібних часток ($\leq 3,15$ мм), % | Вміст великих часток (в дужках – розмір часток), % | Максимальна довжина часток ^b , мм | Максимальна площа поперечного перерізу великих часток ^c , см ² | |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| P16S | $3,15 < P \leq 16$ | ≤ 15 | $\leq 6 (> 31,5 \text{ мм})$ | ≤ 45 | ≤ 2 |
| P31S | $3,15 < P \leq 31,5$ | ≤ 10 | $\leq 6 (> 45 \text{ мм})$ | ≤ 150 | ≤ 4 |
| P45S | $3,15 < P \leq 45$ | ≤ 10 | $\leq 6 (> 63 \text{ мм})$ | ≤ 200 | ≤ 6 |

^a Число в позначенні класу тріски (P-класу) відповідає розміру круглих отворів сита, через яке проходить частина палива, що дорівнює основному класу крупності, що визначається за ГОСТ 32989.1. Клас деревної тріски за розміром частинок встановлюють однозначно. З усіх можливих класів вибирають клас із найменшим числовим значенням.

^b Довжину та площу поперечного перерізу визначають тільки для частинок великого класу крупності. Якщо площа поперечного перерізу частинок деревної тріски $< 0,5 \text{ см}^2$, допускається не більше 2 шматків на 10 дм^3 проби, що перевищують максимальну довжину.

^c Для вимірювання площі поперечного перерізу шматків палива використовують прозорий шаблон з нанесеною на нього сіткою, площа клітин якої дорівнює 1 см^2 . Шматок палива поміщають позаду такого шаблону перпендикулярно його поверхні та візуально оцінюють площу перерізу шматка.

Технічні характеристики деревної тріски для промислового виготовлення представлені у вигляді таблиці 1.2. В таблицях 1.1 та 1.2 викладено детальний перелік характеристик деревної тріски за вимогами DIN EN ISO 17225-4..

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики деревної тріски

| Показник | Технічна характеристика, Метод визначення | Одиниці виміру | Значення технічної характеристики тріски основного класу | | | |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 |
| Нормовані характеристики | Походження та джерело отримання, ГОСТ 33103.1 | - | 1.1.1 Цілі дерева без кореневої системи ^a 1.1.3 Стволи дерев 1.1.4 Відходи лісозаготовки 1.2.1 Хімічно не оброблені деревні відходи | 1.1.1 Цілі дерева без кореневої системи ^a 1.1.3 Стволи дерев 1.1.4 Відходи лісозаготовки 1.2.1 Хімічно не оброблені деревні відходи | 1.1 Лісові дерева, деревні насадження та інша природна деревина ^b 1.2.1 Хімічно не оброблені деревні відходи | 1.1 Лісові дерева, деревні насадження та інша природна деревина ^b 1.2 Побічні продукти деревообробної промисловості 1.3.1 Хімічно не оброблена використана деревина |
| | Розмір часток Р, ГОСТ 32989.1 | мм | Установлюють по табл. 1 | | Установлюють по табл. 1 | |
| | Масова частка вологи, М ^c , ISO18134-1, ГОСТ32975.2 | % | M10 ≤ 10 M25 ≤ 25 | M35 ≤ 35 | Вказують максимальне значення | |
| | Зольність, А, ГОСТ 32988 | % | A1.0 ≤ 1.0 | A1.5 ≤ 1.5 | A3.0 ≤ 3.0 | |

Продовження таблиці 1.2

| Показник | Технічна характеристика, Метод визначення | Одиниці виміру | Значення технічної характеристики тріски основного класу | | | |
|----------|---------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|----|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 |
| | Насипна щільність BD ^d , ГОСТ 32987 | кг/м ³ | BD150 ≥ 150 BD200 ≥ 200 BD250 ≥ 250 | BD150 ≥ 150 BD200 ≥ 200 BD250 ≥ 250 BD300 ≥ 300 | Вказують мінімальне значення | |
| | Вміст азоту, ГОСТ 32985 | % | Не встановлюють | Не встановлюють | N1.0 ≤ 1.0 | |
| | Вміст сірки, ГОСТ 33256 | % | Не встановлюють | Не встановлюють | S0.1 ≤ 0.1 | |
| | Вміст хлору, ГОСТ 33256 | мг/кг | Не встановлюють | Не встановлюють | Cl0.05 ≤ 0.05 | |
| | Вміст миш'яку, ISO 16968 | мг/кг | Не встановлюють | Не встановлюють | ≤ 1.0 | |
| | Вміст кадмію, ISO 16968 | мг/кг | Не встановлюють | Не встановлюють | ≤ 2.0 | |
| | Вміст хрому, ISO 16968 | мг/кг | Не встановлюють | Не встановлюють | ≤ 10 | |
| | Вміст міді, ISO 16968 | мг/кг | Не встановлюють | Не встановлюють | ≤ 10 | |
| | Вміст свинцю, ISO 16968 | мг/кг | Не встановлюють | Не встановлюють | ≤ 10 | |
| | Вміст ртуті, ISO 16968 | мг/кг | Не встановлюють | Не встановлюють | ≤ 0,1 | |

Продовження таблиці 1.2

| Показник | Технічна характеристика, Метод визначення | Одиниці виміру | Значення технічної характеристики тріски основного класу | | | |
|--------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------|----|
| | | | A1 | A2 | B1 | B2 |
| | Вміст нікелю, ISO 16968 | мг/кг | Не встановлюють | Не встановлюють | ≤ 10 | |
| | Вміст цинку, ISO 16968 | мг/кг | Не встановлюють | Не встановлюють | ≤ 100 | |
| Довідкові характеристики | Нижча теплота згорання, Q ^e | МДж/кг або кВт*год/кг | Вказують мінімальне значення | | Вказують мінімальне значення | |

^a Виключаючи підгрупу «1.1.1.3 Низькоствольні породи з коротким оборотом ротації», якщо є причина для підозр у забрудненні ґрунту, у використанні насаджень для поглинання хімічних сполук або у використанні як добрива для їх зростання опадів стічних вод (отриманих при очищенні стічних вод або у хімічному виробництві).

^b Виключаючи підгрупи «1.1.5 Пні/коріння» та «1.1.6 Кора».

^c З усіх можливих класів вказують клас із найменшим значенням вологості. Слід також вказувати реальний вміст вологи, оскільки деякі опалювальні котли потребують палива з мінімальним вмістом вологи.

^d Насипна щільність тріски з хвойних порід менше, ніж тріски з листяних порід.

^e Розрахунок нижчої теплоти згорання на робочий стан палива наведено у ГОСТ 33103.1.

1.3. Аналіз конструкцій подрібнювачів гілок

Сьогодні ринок садового обладнання надає широкий вибір подрібнювачів найрізноманітніших параметрів. Потрібно лише визначити свої завдання та потреби: що буде подрібнюватись, як багато, для чого потрібні відходи і чи є можливість підключення до електричної мережі.

Популярністю на українському ринку користуються такі закордонні бренди, як: AL-KO, Iron Angel та Stiga. На рисунку 1.1 представлено подрібнювач AL-KO MH 2810.



Рисунок 1.1 – Подрібнювач AL-KO MH 2810

На рисунку 1 зображено AL-KO MH 2810 – подрібнювач розроблений у Німеччині, який має наступні характеристики:

1. Продуктивність – 135 кг/год;
2. Потужність двигуна, кВт – 2,8;
3. Максимальний діаметр матеріалу, що подрібнюється, мм – 40;
4. Вага, кг – 25;
5. Живлення – електромережа 220В.

Разом з перевагами слід відмітити недоліки: потребує обслуговування різального апарату, а також матеріал подрібнення потребує попереднього сортування.

Наступний представник подрібнювачів з дисковим ножевим апаратом подрібнення представлений на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Подрібнювач Iron Angel ES 2500

На рисунку 2 зображено Iron Angel ES 2500 - подрібнювач розроблений у Нідерландах, який має наступні характеристики:

1. Продуктивність – 200 кг/год;
2. Потужність двигуна, кВт – 2,5;
3. Максимальний діаметр матеріалу, що подрібнюється, мм – 45;
4. Вага, кг – 10;
5. Живлення – електромережа.

Недоліком даної конструкції можна вважати відсутність накопичувальної ємності для подрібненого матеріалу, а також матеріал подрібнення потребує попереднього сортування.

На рисунку 1.3 зображено Stiga BIO Master 2200 - подрібнювач розроблений у Швеції, який має наступні характеристики:

1. Продуктивність – 125 кг/год;
2. Потужність двигуна, кВт – 2,2;
3. Максимальний діаметр матеріалу, що подрібнюється, мм – 40;
4. Вага, кг – 15;
5. Живлення – електромережа.



Рис.1.3 – Подрібнювач Stiga BIO Master 2200

Разом з перевагами слід відмітити недоліки: заслабка потужність двигуна, а також матеріал подрібнення потребує попереднього сортування.

Українські виробники також пропонують широкий асортимент подрібнювачів. Найпопулярніші з них можна виділити: Palche, Arpal та Skiv.

На рисунку 1.4 зображено Palche PG-80E, який має такі характеристики:

1. Продуктивність – 1640 кг/год;
2. Потужність двигуна, кВт – 7,5;
3. Максимальний діаметр матеріалу, що подрібнюється, мм – 80;
4. Вага, кг – 300;
5. Живлення – електромережа.



Рисунок 1.4 – Подрібнювач Palche PG-80E

Недоліком даної конструкції можна вважати електродвигун, який розрахований на електромережу 360В.

На рисунку 1.5 зображено Agral МБ-60БД, який має такі характеристики:

1. Продуктивність – 820 кг/год;
2. Потужність двигуна, кВт – 5,2;
3. Максимальний діаметр матеріалу, що подрібнюється, мм – 60;
4. Вага, кг – 93;
5. Живлення – бензин.



Рисунок 1.5 – Подрібнювач Agral МБ-60БД

Разом з перевагами слід відмітити недоліки: вартість машини починається від 45000 гривень і вище в залежності від комплектації.

На рисунку 1.6 зображено Shkiv 2M-80E, який має такі характеристики:

1. Продуктивність – 1640 кг/год;
2. Потужність двигуна, кВт – 7,5;
3. Максимальний діаметр матеріалу, що подрібнюється, мм – 80;
4. Вага, кг – 195;
5. Живлення – електромережа.



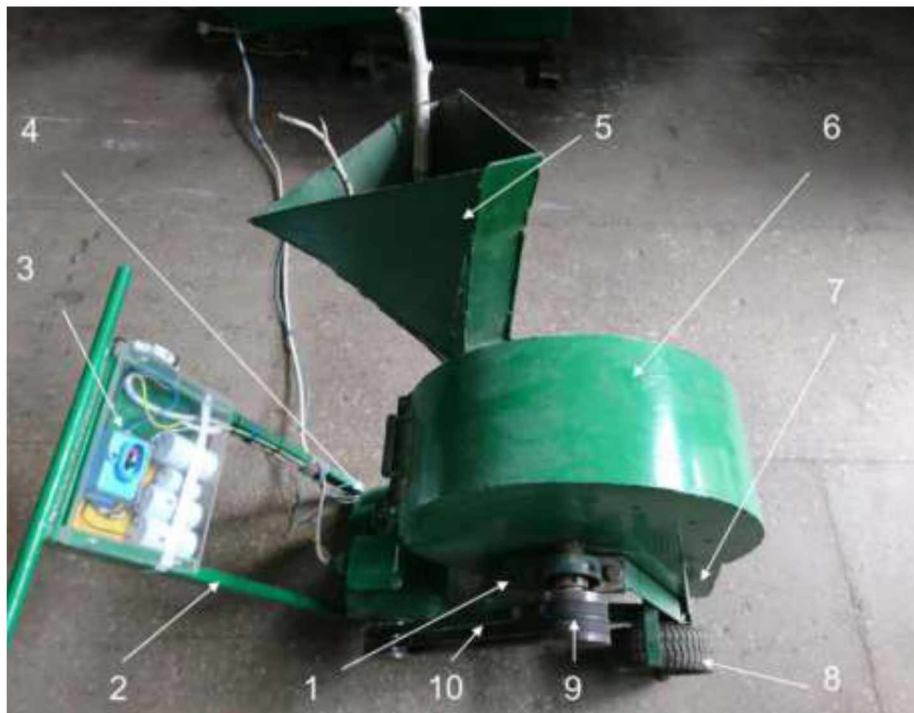
Рисунок 1.6 – Подрібнювач Shkiv 2M-80E

Недоліком даної конструкції можна вважати електродвигун, який розрахований на електромережу 360В, що не завжди підходить до використання в умовах присадибної ділянки особистого селянського господарства.

Можна стверджувати, що закордонні подрібнювачі мають такі переваги: екологічність, невелика вага, оптимальна потужність. До недоліків треба віднести високу вартість (5000 – 12000 грн.) та обмеження по розмірам вхідного матеріалу. У свою чергу, вітчизняні машини виділяються високою потужністю, можливістю подрібнювати деревину великого діаметру та доступністю запасних частин. Але при цьому агрегати важкі та дорогі (40000 – 50000 грн.). Загалом бачимо, що на українському ринку не вистачає малопотужних малогабаритних подрібнювачів.

1.4. Аналіз конструкції досліджуваного подрібнювача гілок

Машина для подрібнення органічної складової твердих побутових відходів призначена для переробки органічної фракції твердих побутових відходів (гілки дерев, харчові відходи, відходи садівництва, відходи залишків сільськогосподарського виробництва, рослинні рештки) в матеріал заданої фракції (див рис. 1.7).



1 – опорна стійка; 2 – ручка переміщення подрібнювача; 3 – пульт керування; 4 – електродвигун; 5 – завантажувальний лоток; 6 – подрібнювальний барабан; 7 – вивантажувальний отвір; 8 – гумові колеса; 9 – ведений шків; 10 – клинопасова передача.

Рисунок 1.7 – Малогабаритний побутовий подрібнювач для подрібнення гілок дерев:

Основне призначення машини для подрібнення органічної складової твердих побутових відходів:

- Для первинного подрібнення органічної складової твердих побутових відходів в умовах особистого селянського господарства;

- Для подрібнення гілок дерев з подальшим використанням в якості паливного матеріалу;

- Для підготовки компосту до брикетування з подальшим використанням в якості палива.

За своєю конструкцією машина для подрібнення відходів гілок дерев – всього лише нескладний верстат, що працює від електромережі.

Технічні параметри розробленої машини для подрібнення гілок дерев:

1. Тип сировини: органічна складова твердих побутових відходів;
2. Можливість роботи від електродвигуна 2,2 кВт;
3. Частота обертання різального диска 1480 об/хв;
4. Діаметр різального диска 340 мм;
5. Кількість ножів 3 шт;
6. Кількість доподрібнювальних ножів 12 шт.
7. Вага (без двигуна): 55 кг.

Побутовий малогабаритний подрібнювач працює наступним чином. Необхідну сировину, призначену для подрібнення, подають в завантажувальний бункер камери подрібнення. Вихідна сировина, потрапляючи в камеру, подрібнюється ножами та додатково розбивається молотками і відкидається на стінки решета через отвори яких сепарується, поки гранулометричний склад часток не виявиться меншим, ніж діаметр отворів решета, і їх не викине під дією повітряного потоку ротора через випускний отвір. Подача сировини здійснюється вручну, тобто закидається по черзі в приймальний бункер, а потім матеріал вже сам затягується завдяки особливій конфігурації ножів. За результатами промислових випробувань машини при подрібненні органічної складової твердих побутових відходів отримали наступні показники:

Продуктивність машини – 95 кг/год;

Споживання електроенергії за годину – 0,208 кВт-год;

Максимальний діаметр завантажувального матеріалу - 80 мм;

Вологість подрібнювального матеріалу - 15...45%;

Набір екранів з діаметром отворів 10 мм, 20 мм, 30 мм.

До переваг використання представленої машини в результаті випробувань можна віднести:

- Ножі виготовлені із ресорної сталі 65Г, які мають відмінні різальні властивості;
- Регулювання вихідної фракції подрібненого матеріалу за допомогою решіт;
- Підсилена рама для стійкої роботи машини;
- Безпечний бункер для подачі матеріалу;
- Якісний підшипниковий вузол для надійної і довговічної роботи;
- Спеціальне кріплення для збирання подрібненого матеріалу відразу в мішок;
- Клинопасова передача запобігає заклинюванню диска при попаданні сторонніх предметів;
- Швидко знімний кожух для зручності очищення;
- Висока продуктивність.

1.5. Висновки за розділом 1

1. У сфері використання паливного матеріалу, має розглядатися важливий напрямок, для отримання енергетичної незалежності на сільськогосподарських підприємствах та присадибних ділянках.

2. Машиною для подрібнення гілок є, модернізований малогабаритний дисковий подрібнювач, який підходить для нашого дослідження. Зміною робочих органів, а також використанням додаткових конструктивних елементів, можна забезпечити якісне виконання процесу подрібнення гілок.

3. Порівнявши конструкції інших подрібнювачів, можна зробити висновок, що конструкція запропонованого подрібнювача відповідає усім параметрам, які нам необхідні для подрібнення гілок, а саме: продуктивність, габарити машини, вага та енергоспоживання і т. д.

2 МЕТОДИКА ТА ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма досліджень

Завданням експериментального дослідження є обґрунтування конструктивних параметрів, що впливають на продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок дерев.

На технологічний процес подрібнення безпосередньо впливають характеристики деревини. Завдяки підбору оптимальної вологості та діаметру подрібнюваного матеріалу можна збільшити продуктивність подрібнювача.

Програма дослідження включає:

1. Значення впливу параметрів подрібнюваної деревини для виконання технологічного процесу подрібнення;
2. Перевірку роботи малогабаритного подрібнювача на відповідність якості за оптимальних параметрів оброблюваної сировини.

Програма експериментальних досліджень вимагає вирішення таких завдань:

1. Дослідити ефективність роботи експериментального подрібнювача гілок за допомогою досліджень;
2. Провести експерименти згідно методики планування, та опрацювати результати досліджень.

2.2. Методика проведення експериментальних досліджень

Для обґрунтування оптимального режиму роботи було проведено експериментальне дослідження, в якому перевіряли вплив діаметру та вологості гілок на роботу подрібнювача.

Для експерименту було використано метод математичного планування. Досліджувалася залежність продуктивності агрегату від діаметру та вологості

гілок. Висвітливо етапи проведення багатофакторного експерименту при дослідженні режимів роботи малогабаритного подрібнювача гілок. Увесь процес роботи подрібнювача гілок можна виразити у виді «чорної скриньки»:

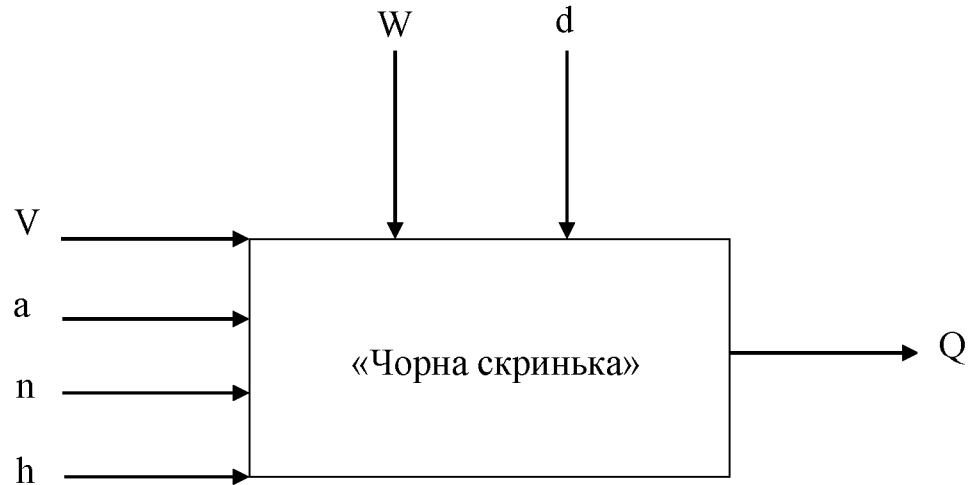


Рисунок 2.1 - Кібернетична модель процесу роботи малогабаритного подрібнювача гілок

На технологічний процес подрібнення гілок деревини впливають наступні незалежні параметри подрібнювача:

V – поступальна швидкість обертання диска, рад/с;

a – кут подачі сировини, градуси;

n – частота обертання різального диска, хв^{-1} ;

h – величина виступу ножа, мм.

Також мають ефект такі фактори:

W - вологість гілок, %;

d – діаметр гілок, м.

Параметром оптимізації при подрібненні гілок є:

Q – продуктивність подрібнювача, кг/год.

Зрозуміло, що на процес подрібнення впливає ряд факторів, але нас цікавлять параметри подрібнюваної сировини: W – вологість та d – діаметр гілок. Щоб мінімізувати шанс критичної похибки через вплив незалежних факторів, проведемо декілька дослідів з урахуванням «рандомізації».

Оберемо математичну модель. Механізм протікання процесу в «чорній скриньці» та аналітичне вираження функції відгуку не відомі. Тому опишемо функцію відгуку рівнянням регресії:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=j}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (2.1)$$

де x_i та x_j – кодовані значення параметрів;

b_0 – вільний член, що дорівнює результату при $x_s = 0$;

b_s – коефіцієнт регресії відповідних факторів на об'єкт, що вивчаємо;

b_{sj} – коефіцієнт регресії відповідних факторів подвійної взаємодії.

З двома факторами $x_1 = W$ та $x_2 = d$ рівняння регресії набуде вигляду:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{1,2} x_1 x_2 + b_1 x_1^2. \quad (2.2)$$

За отриманими результатами дослідів розрахуємо коефіцієнти рівняння. Значення коефіцієнтів регресії та знак \pm характеризують досліджувані фактори, їх вплив на заданий параметр оптимізації.

При складанні схеми проведення досліджень, скористаємось методом повного факторного експерименту (ПФЕ). Приймаємо два рівні варіювання факторів та умовно позначаємо їх: «+ 1» та «- 1»:

Таблиця 2.1 – Досліджувані фактори в дійсних значеннях

| Рівні | Досліджувані фактори | |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | Вологість гілок W , % | Діаметр гілок d , м |
| Кодове позначення | X_1 | X_2 |
| Верхній рівень $x_i = +1$ | 60 | 0,05 |
| Нижній рівень $x_i = -1$ | 10 | 0,01 |
| Основний рівень $x_i = 0$ | 35 | 0,03 |
| Крок варіювання Δx_i | 25 | 0,02 |

Комбінації умов експерименту визначаються за допомогою показової функції $N=3^n$, де n - кількість факторів. Кількість дослідів можна представити у вигляді таблиці 2.2 співставлення різних рівнів факторів.

Таблиця 2.2. – Матриця планування двохфакторного експерименту типу $N=3^n$

| Номер дослідів | x_0 | x_1 | x_2 | x_1^2 | x_2^2 | x_1x_2 | Вектор результату y | | | |
|----------------|-------|-------|-------|---------|---------|----------|-----------------------|----------|----------|------------------|
| | | | | | | | Повторюваність | | | Середнє значення |
| | | | | | | | y_1 | y_1 | y_1 | $y_e(y_{сер})$ |
| 1 | 1 | +1 | +1 | -1 | 1 | 1 | y_{11} | y_{12} | y_{13} | $y_{сер1}$ |
| 2 | 1 | -1 | +1 | -1 | -1 | -1 | y_{21} | y_{22} | y_{23} | $y_{сер2}$ |
| 3 | 1 | +1 | -1 | -1 | -1 | 1 | y_{31} | y_{32} | y_{33} | $y_{сер3}$ |
| 4 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | y_{41} | y_{42} | y_{43} | $y_{сер4}$ |
| 5 | 1 | +1 | -1 | 1 | 1 | -1 | y_{51} | y_{52} | y_{53} | $y_{сер5}$ |
| 6 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | y_{61} | y_{62} | y_{63} | $y_{сер6}$ |
| 7 | 1 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | y_{71} | y_{72} | y_{73} | $y_{сер7}$ |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | y_{81} | y_{82} | y_{83} | $y_{сер8}$ |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | y_{91} | y_{92} | y_{93} | $y_{сер9}$ |

В матриці планування в 1-му стовпчику записуємо номери дослідів, які необхідно рандимізувати (увести випадковість та послідовність їх виконання). 2-й та 3-й стовпчики утворюють, відповідно, планування. У 4-6 стовпчики заносимо результати дослідів по кожній повторюваності. У 7-й стовпчик записуємо середнє значення повторюваностей дослідів.

Виконуємо дослід згідно з отриманою робочою матрицею. Значення параметра оптимізації, отримане в кожному досліді занотовуємо в таблицю.

Обробляємо результати експерименту за допомогою статистичних методів та регресійного аналізу.

а) Розрахунок коефіцієнтів регресії математичної моделі:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^n \bar{y}_u}{n}, \quad (2.3)$$

$$b_s = \frac{\sum_{u=1}^n x_{su} \bar{y}_u}{n}. \quad (2.4)$$

Для математичної моделі визначаємо коефіцієнти: b_0 , b_1 , b_2 та $b_{1,2}$.

б) Підставляємо отримані значення коефіцієнтів регресії у рівняння:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{1,2} x_1 x_2 + b_1 x_1^2. \quad (2.5)$$

Виконуємо перевірку відтворюваності дослідів, оцінку значимості коефіцієнтів регресії, а також перевіряємо адекватність лінійної моделі за відомими методиками.

2.3. Методика планування експерименту

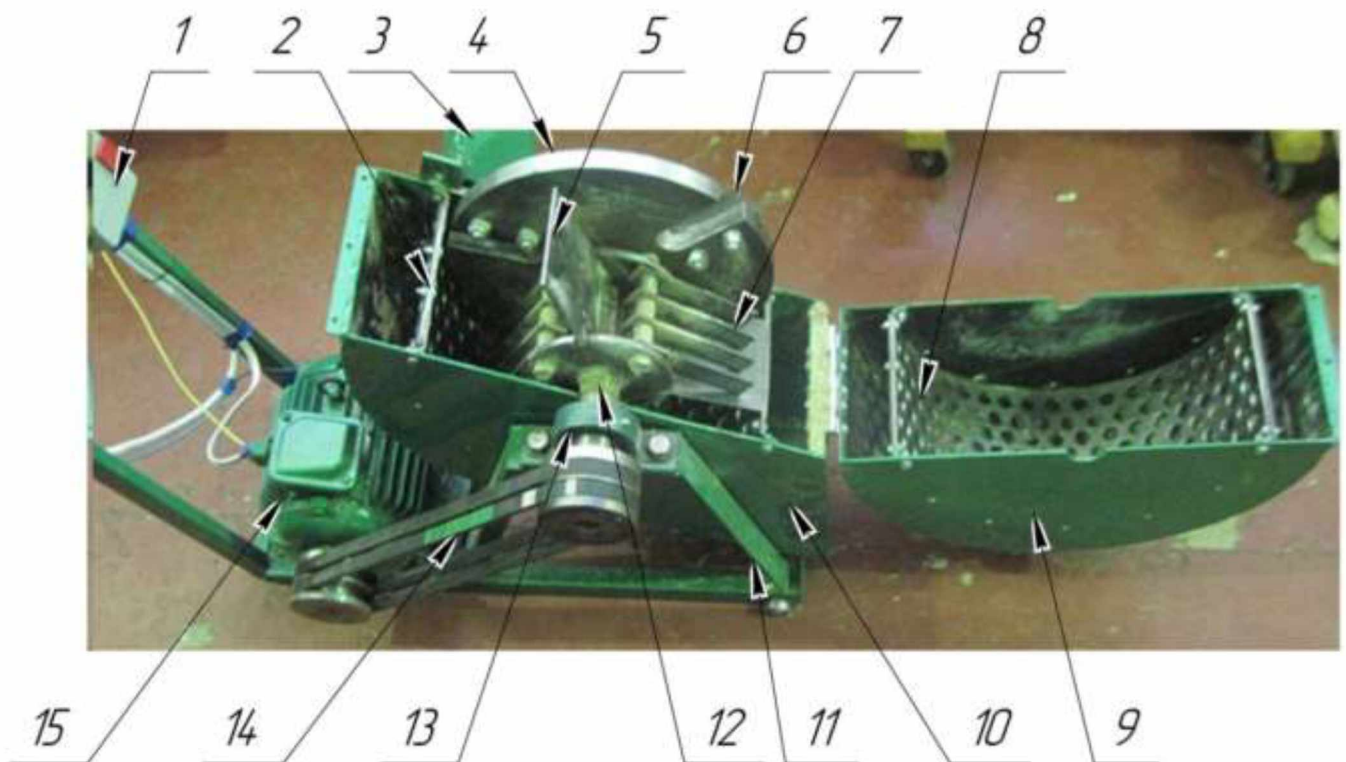
Метою дослідження є визначення зміни продуктивності подрібнювача залежно від вологості та діаметра гілок.

Експеримент проводиться на модернізованому та запатентованому малогабаритному подрібнювачі гілок, науковцями кафедри інженерно-технологічного факультету «Агроінженерії та автомобільного транспорту» Полтавського державного аграрного університету. Для дослідження було застосовано методику планування багатofакторного експерименту.

Загальний вид машини показано на рисунку 2.2.

Підготовка малогабаритного подрібнювача гілок до роботи складається з наступного:

- перевіряємо кріплення вузлів подрібнювача, його комплектність та технічний стан;
- перевіряємо правильність встановлення ножів 6 на диску 4 (за напрямком обертання диску 4);



1 – пульт керування; 2 – планка кріплення решета; 3 – завантажувальний бункер; 4 – диск кріплення ножів; 5 – лопаті вентилятора; 6 – різальний ніж; 7 – доподрібнюючі молотки; 8 – решето; 9 – верхній кожух; 10 – нижній кожух; 11 – рама; 12 – робочий вал; 13 – опорний підшипник; 14 – клинопасова передача; 15 – електродвигун

Рисунок 2.2. – Загальний вигляд малогабаритного подрібнювача для виготовлення паливного матеріалу

- перевіряємо надійність кріплення та правильність встановлення решета 8 у верхньому 9 і нижньому 10 кожуха;
- виконуємо мащення підшипникових опор 13;
- перевіряємо ізоляцію електрокабеля та цілісність дроту заземлення;
- перевіряємо натяг клинопасової передачі;
- перевіряємо фіксацію болтовим з'єднанням верхній та нижній кожухів;
- розташовуємо подрібнювач на рівній горизонтальній поверхні.
- підготувати до використання індивідуальні засоби захисту (гумове взуття, каска, окуляри, звукозахисні навушники);

– перевіряємо наявності захисних кожухів на клинопасовій передачі.

Також готуємо гілля дерев до подрібнення:

- вологість та діаметр гілок підбираємо згідно таблиці;
- відсутність металевих включень;
- довжина гілки не повинна перевищувати 1,5 м.

Процес роботи з малогабаритним подрібнювачем (див. рис. 2.2).

Вмикаємо подрібнювач гілок та чекаємо 7-10 секунд, щоб диск з ножами зміг розвинути необхідні оберти. Починаємо подачу гілок у завантажувальний бункер 3. Ніж 6 відрізає шматки еліптичної форми, які далі додатково подрібнюються молотками 7. Крильчатка 5 створює повітряний потік, який рухає подрібнені часточки за напрямком обертання та далі у завантажувальний отвір. Решето 8 є сепарувальним елементом машини для отримання необхідної конфігурації подрібненого матеріалу.

Першим етапом дослідження було визначення продуктивності малогабаритного подрібнювача гілок. На другому етапі – встановлено залежність між отриманою продуктивністю та конструктивними параметрами.

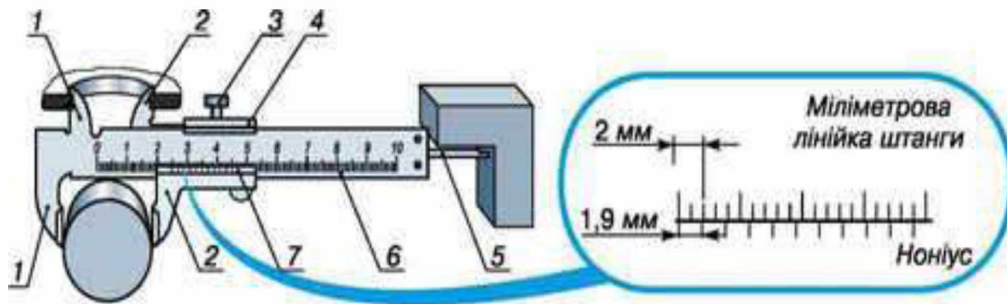
2.4. Методика визначення діаметра гілок

Для вимірювання використовуємо штангенциркуль ШЦ-1-125 0,1 ГОСТ 16689.

Перед вимірюванням слід перевірити нульове положення. Для цього зсовують вимірювальні губки штангенциркуля до їх зіткнення і переконуються у відсутності зазору та збіганні нульових штрихів основної шкали і шкали ноніусу.

Принцип користування ноніусом зрозумілий з рис. 2.3, на якому показані приклади відліку. Десять поділок ноніусу відповідають дев'яти поділкам основної шкали. Отже, інтервал поділок складає 0,9 мм. При щільно зімкнених губках штангенциркуля нульовий штрих ноніусу співпадає з нульовим штрихом основної шкали. Якщо рамку зсунути вправо на 0,1 мм, то

з рискою основної шкали співпадає перший штрих ноніуса, на 0,2 мм – друга риска ноніуса, на 0,3 мм – третій і т.д.



1–нерухомі губки для вимірювань; 2–рухомі губки для вимірювань з рамкою; 3–стопорний гвинт; 4–рамка з допоміжною шкалою (ноніус); 5 – глибиномір; 6 – штанга.

Рисунок 2.3 – Будова штангенциркуля ШЦЦ-I

Цілу кількість міліметрів знаходять по основній шкалі, а долі міліметру – по ноніусу.

Якщо, зберігши кількість поділок ноніуса, збільшити інтервал його поділок до 1,9 мм, принцип визначення розміру не зміниться, а користуватися ноніусом буде зручніше. Такі розтягнуті (модульні) ноніуси широко застосовують у штангенінструментах, зокрема в простішому штангенциркулі з точністю відліку 0,1 мм. (див рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – штангенциркуль ШЦЦ-I та вимірювані зразки

Вимірювання виконуємо у такій послідовності:

1) Звільняють затискні гвинти рухомої вимірювальної губки і мікрометричної подачі (у штангенциркулів ШЦ-I пристрою мікрометричної подачі немає), див. рис. 2.5.;

2) Притискають нерухому губку до поверхні виробу, утримуючи строго вертикально і переміщують рамку з рухомою губкою до зіткнення з виробом;

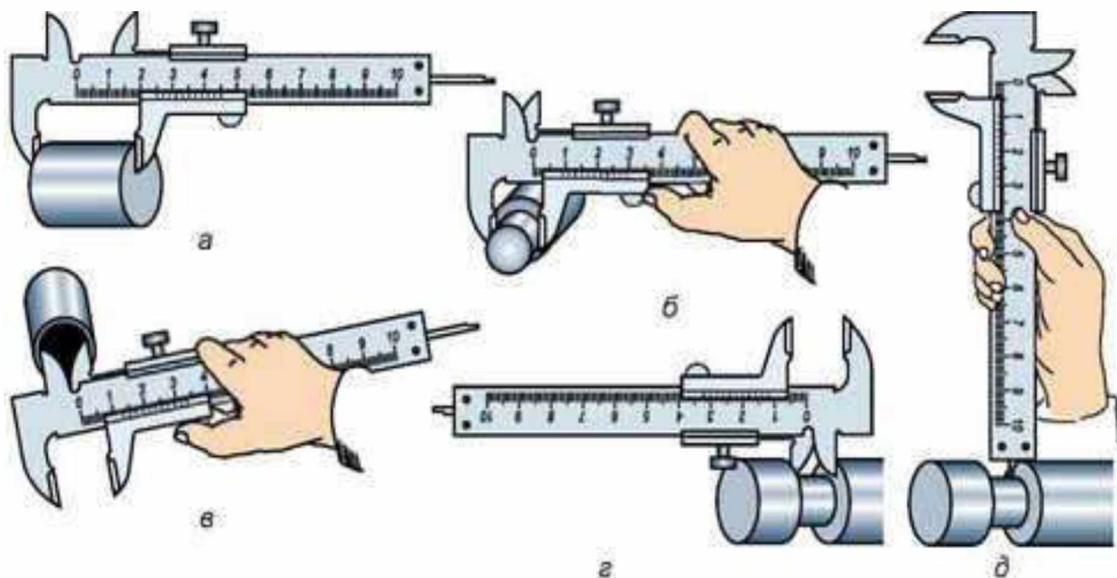
3) Закріплюють хомутик стопорним гвинтом і, обертаючи гайку мікрометричної подачі по гвинту, створюють щільне зіткнення між губками і поверхнею деталі;

4) Зафіксують рухомі вимірювальні губки стопорним гвинтом;

5) Знімають штангенциркуль з деталі;

6) Виконують відлік вимірювальної величини (нульовий штрих ноніуса відсікає на шкалі штанги цілі міліметри; дробову частину визначають за шкалою ноніусу – за співпадінням штриха ноніусу з будь-яким штрихом основної шкали).

Порядок вимірювання штангенциркулями внутрішніх розмірів такий самий, як і при вимірюванні зовнішніх, лише до відліку по шкалі треба додати сумарну товщину двох губок, розмір яких вказаний на них (крім штангенциркулів ШЦ-I).



а – довжини; б – зовнішнього діаметра; в – внутрішнього діаметра; г – довжини канавки; д –глибини канавки

Рисунок 2.5 – Вимірювання та контроль розмірів деталей штангенциркулем

2.5. Методика визначення вологості ваговим методом

Визначення вологості ваговим методом проводимо в наступній послідовності:

1. Для початку з середини гілки потрібно відпиляти шматок шириною 10-15 міліметрів. Приймаємо його як контрольну пробу. Головне, в цьому етапі - взяти брусок саме з центру дошки. З торцевій частині відрізати не варто, так як вона має набагато меншу вологість.

2. Далі, випиляний фрагмент, потрібно очистити і зважити на вагах. Отримана цифра записується. Позначимо її «P_h». Це буде початкова маса проби.

3. Після зважування цей шматок потрібно відправити у спеціальну сушку, прилад з температурою близько 100С °.

4. Перше зважування проводиться своїми руками через 5:00. Усі наступні показники записуються з інтервалом 1-2 години.

5. Висушування проводиться до тих пір, поки ваговий показник не почне повторюватися. Це означає, що матеріал став абсолютно сухим. Позначимо числовий показник останньої проби як «P_c».

6. Далі, вологість можна визначити, використовуючи формулу:

$$W = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

де W – показник у відсотках;

P_1 – перша вага, г;

P_2 – остання вага, г.

Середнє значення споживання електроенергії визначаємо за формулою:

$$W = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_n}{n}, \quad (2.7)$$

W_1, W_2, \dots, W_n – значення вимірних значень спожитої електроенергії, кВт/год;

n – кількість вимірювань, шт.

2.6 Висновки за розділом 2

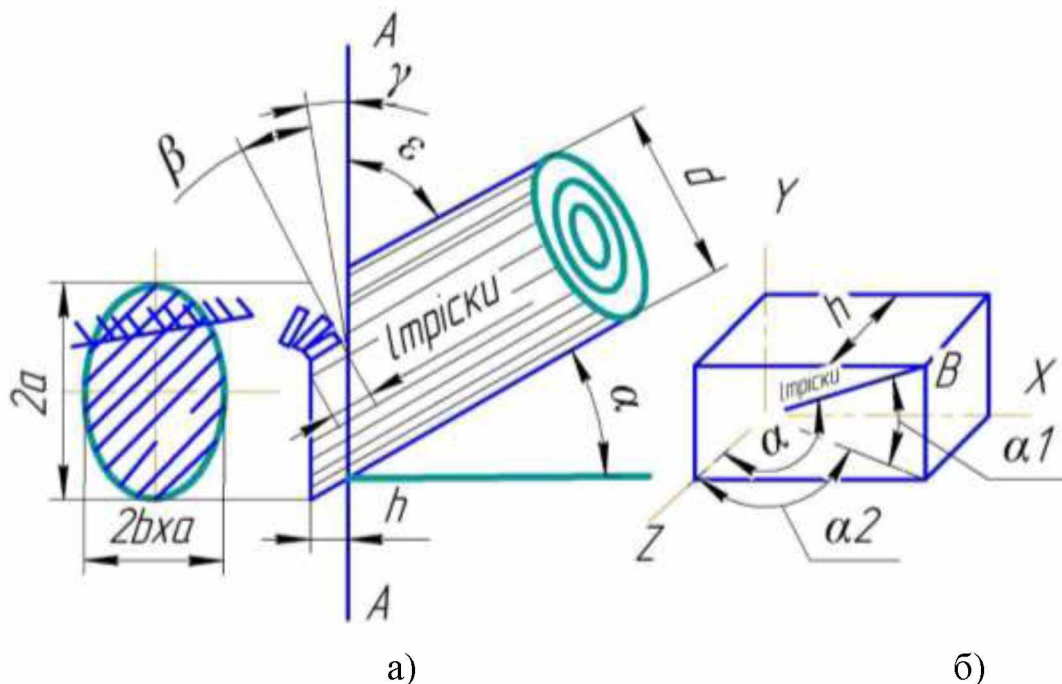
1. Розробили програму та методику проведення експериментів. Вона включає дослідження впливу режимних параметрів на споживання електроенергії та якісні показники роботи малогабаритного подрібнювача гілок.

2. Для проведення досліджень був модернізований, виготовлений та запатентований експериментальний малогабаритний подрібнювач гілок, що працює від електромережі напругою 220 В.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Результати теоретичних досліджень

Результати теоретичних досліджень по обґрунтуванню експлуатаційних режимів роботи малогабаритного подрібнювача гілок дерев показав, що кут нахилу деревини при подачі задається розміщенням завантажувального лотка по відношенню до різальних ножів диска див. рис. 3.1.



а) – кути подрібнення деревини б) - схема для визначення довжини тріски

Рисунок 3.1. – Схема до визначення куті врізання

На рис. 3.1 наведені основні параметри кутів загострення і кута встановлення ножа. Кут β – кут загострення ножа, утворений передньою і задньою гранями, γ – задній кут між задньою гранню ножа і площиною різання; δ – кут різання між передньою гранню і площиною різання ($\delta = \beta + \gamma$); ε – кут зустрічі деревини та ножа. Величина кута загострення β вибирається з діапазону $30\dots40^\circ$. Менше значення кута β призводить до отримання більш товстої тріски і обмежується стійкістю різальних ножів [12].

Положення балансу (відповідно, деревини) характеризується кутами α_1 та α_2 в системі координат XYZ , в якій вісь OZ паралельна вісі обертання диска, а площина YOZ паралельна площині диска. Кут характеризує нахил деревини до горизонтальної площини, α_2 – кут нахилу деревини в горизонтальній площині, α – кут між віссю нахилу і віссю обертання диска .

Існує залежність:

$$\cos\alpha = \cos\alpha_1 + \cos\alpha_2, \quad (3.1)$$

де α_1 – кут нахилу деревини до горизонтальної площини;

α_2 – кут нахилу деревини в горизонтальній площині.

Використовуються різні варіанти орієнтації деревини (див. рис. 3.1 б):

1. З одним кутом нахилу α_1 до горизонтальної площини; кут $\alpha_2 = 0$. В такому випадку $\alpha_1 = \alpha_2$.

2. З кутом нахилу α_1 і з допоміжним кутом розвороту α_2 ;

3. З одним кутом нахилу α_1 в горизонтальній площині $\alpha_1 = 0$, та $\alpha_2 = \alpha$.

Перші два варіанти машини з похилою подачею. Кут α_1 вибирається із умови само подачі деревини до диска під дією сили тяжіння і вибирається в діапазоні $\alpha_1 = 45..55^\circ$. Кут подачі приймається рівним $\alpha_2 = 10..30^\circ$, в деяких випадках $\alpha_2 = 0^\circ$ (варіант торцево-повздожнього різання). Третій варіант – машина з горизонтальною подачею, кут подачі $\alpha_2 = 48..55^\circ$. [13]

Стосовно до умов роботи дискових подрібнювальних машин основні параметри різання деревини показані на рис. 3.1 а. Для спрощення зображення показаний випадок, коли кут нахилу деревини $\alpha_1 = 0$, та $\alpha_2 = \alpha$.

Еліпс розрізу деревини. При рубанні деревини, нахиленої до площини диска, в розрізі деревини утворюється еліпс див. рис. 2а., який характеризується великою $2a$ та малою $2b$ осями, які визначаються відношеннями:

$$2b\alpha = d; 2a = \frac{d}{\cos\alpha} / (\cos\alpha_1 \cdot \cos\alpha_2) \quad (3.2)$$

де d – діаметр деревини.

Довжина тріски визначається кутами нахилу деревини і виступом ножів h . Із рисунка 3.1 б, де зображено процес формування тріски, слідує, що довжина тріски:

$$l_{\text{тріски}} = \frac{h}{\cos\alpha} = \frac{h}{(\cos\alpha_1 \cdot \cos\alpha_2)}, \quad (3.3)$$

Умова безперервності різання. На безперервність різання деревини впливає декілька факторів: діаметр деревини d , кут нахилу деревини, число різальних ножів z та радіус різання R_p див. рис. 3.2.

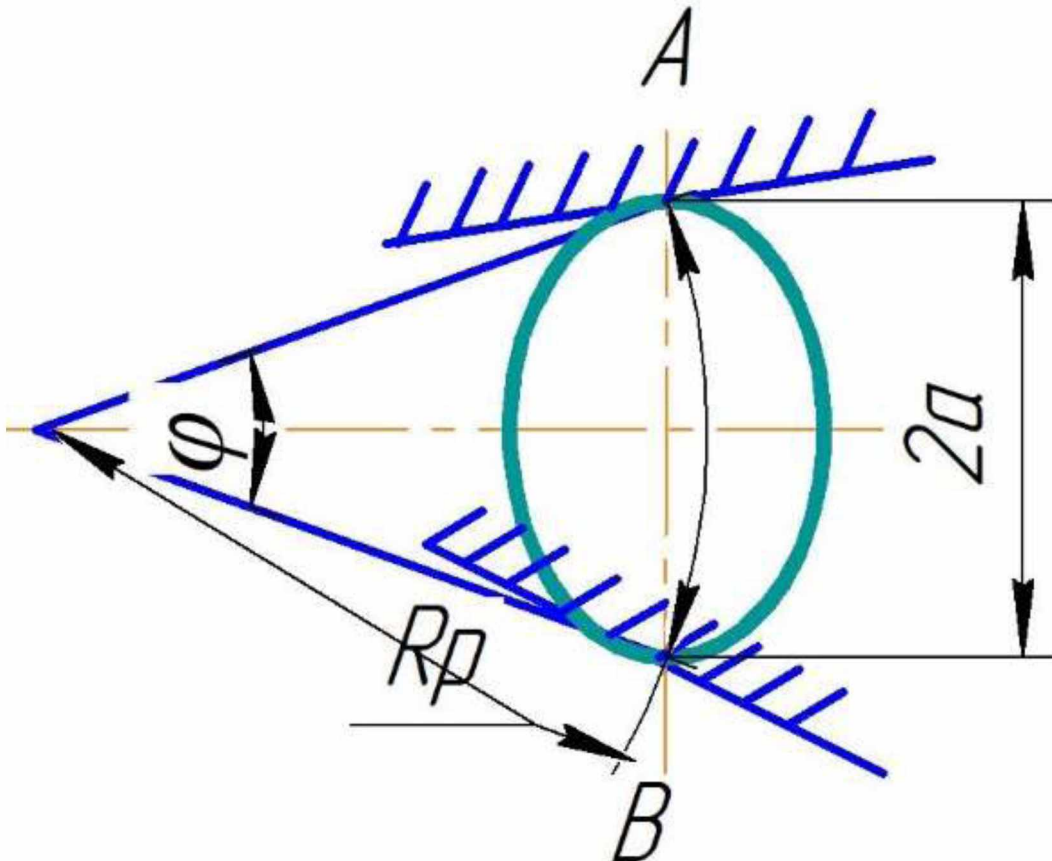


Рисунок 3.2. – Схема для визначення безперервності процесу різання

Безперервність різання з достатньою для практичних розрахунків точністю забезпечується при умові, що величина вісь еліпса $2a$ (при $\alpha_2 = 0$)

повинна бути рівна або більше відстані AB між сусідніми ножами на коло різання.

$$2\alpha \geq AB; 2\alpha = \frac{d}{\cos\alpha_1} \geq \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right), \quad (3.4)$$

де $\varphi = \frac{2 \cdot \pi}{z}$ – кут між сусідніми ножами.

z – число ножів.

Отже, з результатів теоретичних досліджень видно, що важливими факторами впливу на процес подрібнення деревини, а саме на довжину тріски є кут нахилу деревини при подачі і виступ ножів на величину h [14].

3.2. Результати експериментальних досліджень

На основі отриманих в ході проведення експерименту (див. рис. 3.3) значень продуктивності роботи подрібнювача можна стверджувати, що оптимальної продуктивності можна досягти при умовах: вологість подрібнюваної сировини $W = 35..45\%$, а діаметр $d = 0.025..0.035\text{м}$.



Рисунок 3.3. – Проведення експерименту на малогабаритному подрібнювачі гілок

У результаті досліджень пошуку значень оптимальних параметрів (вологості та діаметру) та їх впливу на продуктивність роботи малогабаритного подрібнювача гілок, та опрацювавши експериментальні дані (див. табл. 3.1), було отримано рівняння регресії в кодованій формі.

Таблиця 3.1. – Статистичні показники споживання електроенергії

| Умови експерименту | | | Результати експерименту | | | | Результати розрахунків | |
|--------------------|-------|-------|-------------------------|------------|-------------|----------|------------------------|------------|
| i | X_1 | X_2 | y'_{ei} | y''_{ei} | y'''_{ei} | y_{ei} | $y_{ei} - y'_{pi}$ | $\Delta\%$ |
| 1 | -1 | -1 | 130,4 | 230,8 | 180 | 180,4 | 50,2 | 29 |
| 2 | 0 | -1 | 200 | 186 | 144 | 176,7 | 28 | 16 |
| 3 | +1 | -1 | 149 | 192,3 | 212 | 184,5 | 31,5 | 18 |
| 4 | -1 | 0 | 62,5 | 98,4 | 97,8 | 86,2 | 17,9 | 10 |
| 5 | 0 | 0 | 272,7 | 269,7 | 295,1 | 279,2 | 12,7 | 7 |
| 6 | +1 | 0 | 186,9 | 314,9 | 284,4 | 262,1 | 64 | 37 |
| 7 | -1 | +1 | 154,6 | 107,9 | 147,3 | 136,6 | 23,41 | 13 |
| 8 | 0 | +1 | 255,3 | 233 | 281,2 | 256,5 | 24,1 | 14 |
| 9 | +1 | +1 | 344,8 | 268,5 | 284,4 | 299,2 | 38,2 | 22 |

Рівняння для визначення продуктивності малогабаритного подрібнювача гілок в кодованій формі матиме вигляд:

Y

де x_1 – параметр вологості в кодованій формі, $x_1 = \frac{W - 35}{25}$;

x_2 – параметр діаметру гілок в кодованій формі, $x_2 = \frac{d - 0,03}{0,02}$.

Отримані рівняння досліджувались за допомогою програмного пакету Statistika. Графічна інтерпретація та рівні регресії залежності продуктивності малогабаритного подрібнювача від вологості та діаметру гілок (рис. 3.4, 3.5).

X

1

X

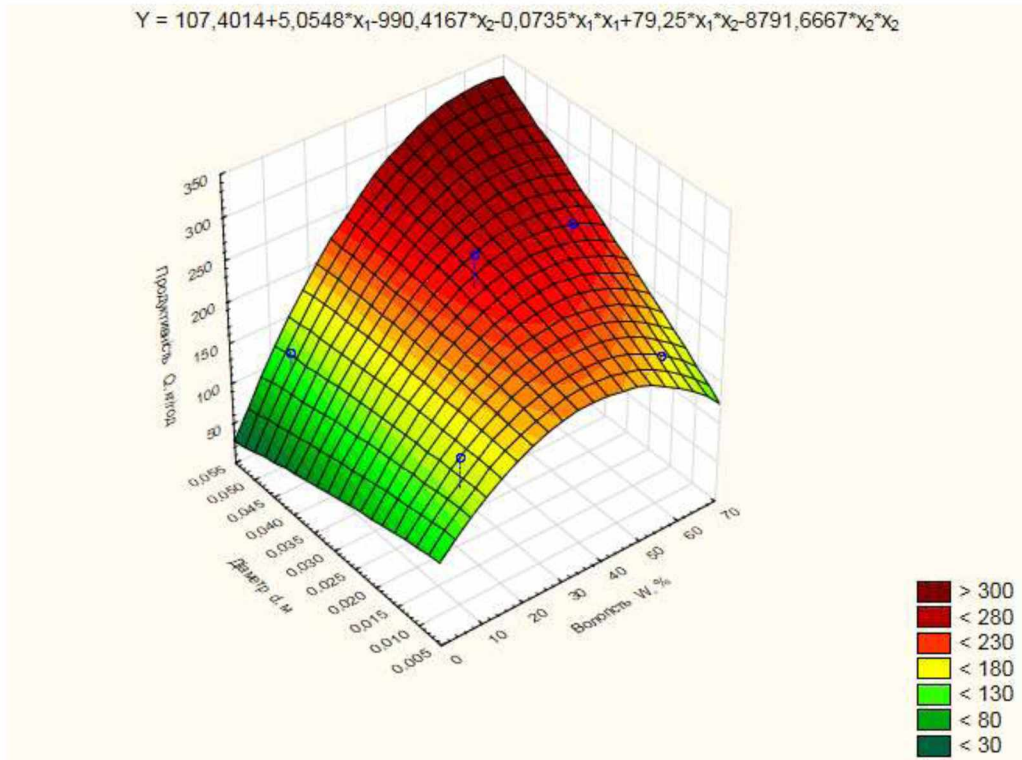


Рисунок 3.4 – Графічна інтерпретація залежності продуктивності подрібнювача від вологості та діаметру гілок.

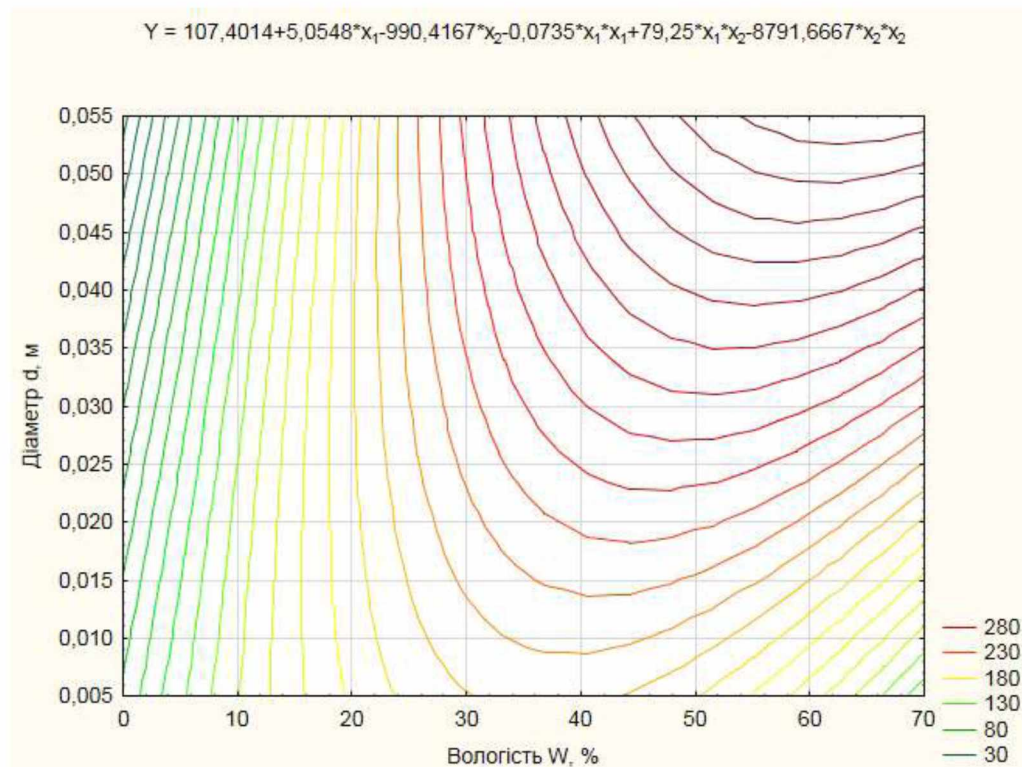


Рисунок 3.5 – Карта лінії рівнів регресії залежності продуктивності подрібнювача від вологості та діаметру гілок

З рисунків 3.4 та 3.5 зрозуміло, що діаметр гілок сильно впливає на продуктивність подрібнювача: зі збільшенням діаметру продуктивність процесу подрібнення зменшується. Також спостерігаємо, що продуктивність зростає при збільшенні вологості, але потім починає падати.

Після переходу від кодованих позначень параметрів до натуральних, отримали:

$$Q = 107,4014 + 5,0548 \cdot W - 990,4167 \cdot d - 0,0735 \cdot W^2 + 79,25 \cdot W \cdot d - 8791,6667 \cdot d^2,$$

де W – вологість подрібнюваної сировини, $W = 25 \cdot x_1 + 35$;

d – діаметр гілок, $d = 0,02 \cdot x_2 + 0,03$.

Отримані рівняння досліджувались за допомогою програмного пакету Mathcad.

На основі отриманих графіків можна стверджувати, що при $W = 35..45\%$ і $d = 0.025..0.035\text{м}$, продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок буде оптимальною та становитиме $Q = 233,4..265,4\text{кг/год}$.

3.3. Результати визначення вологості гілок дерев

Дослідження з використанням малогабаритного подрібнювача гілок проводилися в лабораторних умовах з використанням гілок деревини породи береза різної вологості. Лабораторні дослідження проводилися на експериментальній малогабаритній машині для подрібнення гілок дерев. Значення вологості тріски при проведенні лабораторних досліджень приведені див. табл. 3.1.

Таблиця 3.1. – Результати визначення вологості тріски

| № дослідю | W_i | \bar{W}_i | $(\bar{W} - \bar{W}_i)^2$ | σ_p | K_p |
|-----------|-------|-------------|---------------------------|------------|-------|
| № | % | % | % | % | % |
| 1 | 34,72 | 34,52 | 0,0400 | 0,02708 | 4,34 |
| 2 | 34,53 | | 0,0001 | | |
| 3 | 34,68 | | 0,0256 | | |
| 4 | 34,31 | | 0,0441 | | |
| 5 | 34,36 | | 0,0256 | | |

Оскільки вологість тріски є важливим показником матеріалу, що використовується в якості палива. Залежність нижньої теплотворної здатності від відносної вологості подрібнених гілок дерев див. рис.3.6.

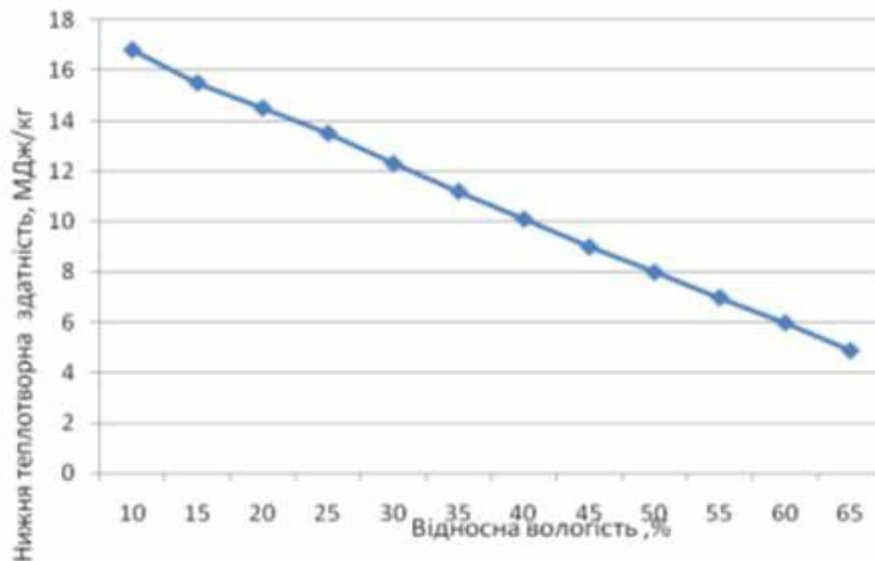


Рисунок 3.6. – Залежність нижньої теплотворної здатності від відносної вологості подрібнених гілок дерев

Як свідчать результати досліджень вологість деревини впливає на силу різання. Зі збільшенням вологості сила різання зменшується (див рис. 3.7.).

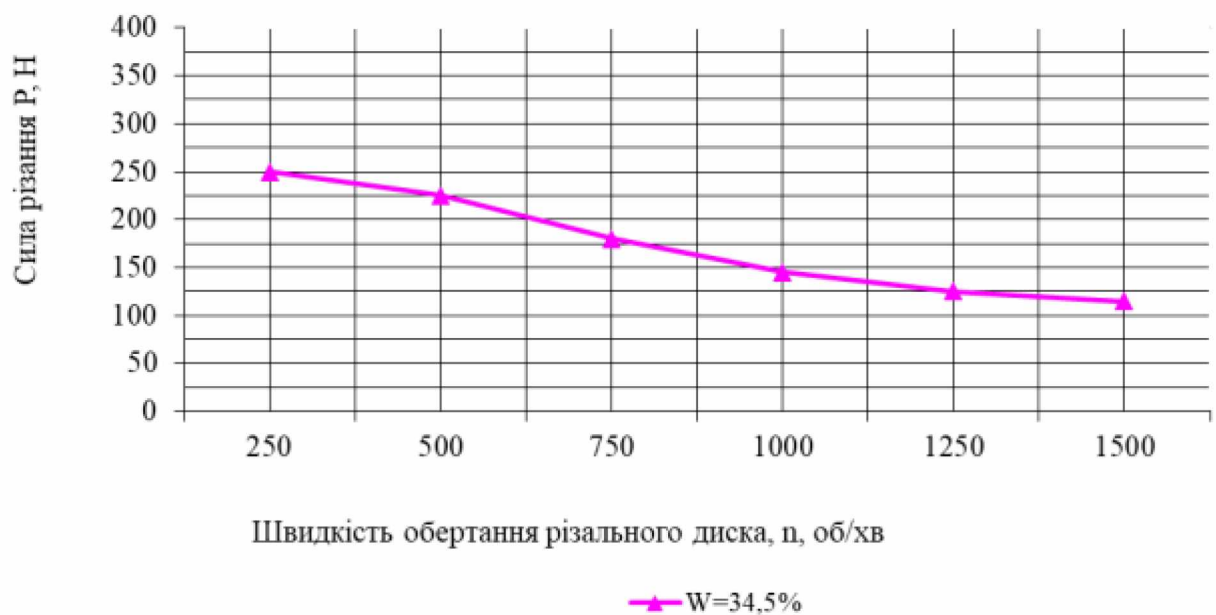


Рисунок 3.7. – Залежність сили різання від швидкості обертання різального диска при вологості деревини $w = 34,5\%$

Результати досліджень підтвердили припущення про те, що найоптимальніша вологість гілок деревини для подрібнення (порода деревини береза) становить $w = 34,5\%$. А це, в свою чергу цілком відповідає характеристикам вологості гілок які після спилювання на відкритому повітрі знаходилися 3-7 днів.

Оскільки вологість є важливим показником для матеріалу подрібнення, оскільки за оптимальної вологості близько $w = 34,5\%$ сила різання за умови сталої частоти обертання диска подрібнювача на рівні $n = 1500 \text{ об/хв}$ становитиме $P = 85 \text{ Н}$ (див. рис. 3.6.) Отже, рекомендовано подрібнювати гілки деревини породи береза при оптимальній вологості $w = 34,5\%$. За умови робочої частоти обертання різального диска на рівні $n = 1500 \text{ об/хв}$.

3.4. Висновок за розділом 3

1. Результати експериментальних досліджень підтвердили запропоновану гіпотезу про позитивний вплив на продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок дерев за допомогою використання оптимальних параметрів налаштування машини.

Лабораторними дослідженнями доведена адекватність теоретичної моделі взаємодії діаметра гілок та їх вологості, для отримання максимальної продуктивності. Встановлено, що в умовах експерименту, щоб досягти оптимальних режимів роботи, що сприятимуть максимальній продуктивності подрібнення гілок дерев, що при $W = 35..45\%$ і $d = 0.025..0.035 \text{ м}$, продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок буде оптимальною та становитиме $Q = 233,4..265,4 \text{ кг/год}$.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Екологічна експертиза

Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколога-експертних об'єднань громадян. Базується екологічна експертиза на міжгалузевому екологічному дослідженні, оцінці перед проектних, проектних та інших матеріалів, реалізація і дія яких може негативно впливати на стан навколишнього середовища та здоров'я людей.

Екологічна експертиза спрямована на підготовку висновків про відповідальність запланованої чи здійснюваної діяльності вимогам та нормам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, використання та відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Завдання екологічної експертизи полягають в регулюванні суспільних відносин у галузі екологічної експертизи для забезпечення екологічної безпеки, охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання та відновлення природних ресурсів, захисту екологічних прав і інтересів громадян держави.

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на природне середовище та здоров'я людей та оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах.

Проведення екологічної експертизи передбачено Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 07 липня 2022 р. [19] та Законом України «Про екологічну експертизу» від 18 грудня 2017 р [20]. Закон передбачає (розділ 6, стаття 26, 27) обов'язкове проведення екологічної експертизи в процесі господарської, управлінської та іншої діяльності, що впливає на стан природного оточуючого середовища, а також проекти на

будівництво, реконструкцію виробництв і об'єктів, які можуть мати негативний вплив на оточуюче середовище.

Екологічна експертиза має такі цілі:

- попередження негативних впливів планових, проєктованих та функціонуючих об'єктів у процесі їх реалізації;
- підтримання природної динамічної рівноваги та сприятливого стану навколишнього середовища.

В процесі проведення експертизи детально та різнобічно вивчають екологічний зміст проєктів, синтезу, шляхом аналізу, спостереження, порівняння, описання при дотриманні вимог існуючого законодавства.

Сільськогосподарське виробництво має багато негативних впливів на навколишнє середовище. Від того як будуть застосовуватися природоохоронні заходи на конкретних підприємствах, в конкретних господарствах залежить стан навколишнього середовища, розвиток та життєдіяльність нинішнього та наступного поколінь.

Оскільки результати дослідно-виробничої перевірки роботи проводилися на території приватного домогосподарства.

На території приватного домогосподарства існує безліч джерел викидів забруднюючих речовин. Найбільша кількість точок викиду забруднюючих речовин є:

- котельня, працююча на природному газі та на подрібнених гілках дерев;
- переробка деревних відходів.

При роботі котельні, яка здійснює опалення будинку, гаража, приміщення для утримання тварин, в атмосферне повітря викидаються: оксид, нітроген (I) оксид, меркурій, карбон (IV) оксид, метан, карбон (II).

При роботі цеху з подрібнення гілок дерев (спилування, транспортування, сортуванні, подрібнення, фасування) у атмосферне повітря викидаються: тирса та пил зважених речовин.

Для покращення екологічного стану у приватному домогосподарстві ми

передбачили:

1. Обладнати витяжну трубу котла, обладнанням та приладами для очистки викидів в атмосферу та засобами контролю за кількістю та складом забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферу.

2. Очищення здійснювати за допомогою спеціальних газоочисних установок, які складаються із одного чи декількох газоочисних апаратів, допоміжного обладнання і комунікацій, які служать для уловлювання із вихідних газів та вентиляційного повітря шкідливих домішок.

3. Проводити постійний контроль хімічного складу викидів, на наявність забруднюючих речовин, хімічними та фізико-хімічними методами.

4. Виходячи з того, що всі апарати очистки повітря, типу циклон - є вловлювачами, лише, забруднюючих речовин фізичного походження, ми можемо судити про те, що всі інші речовини, які викидаються в атмосферне повітря, - є не очищеними взагалі, і мають високий клас небезпечності (2,3 та 4), а отже з'являється вірогідність виникнення напруженої екологічної ситуації, а вразі понаднормових викидів, і скупчення їх на незначній території за короткий проміжок часу – навіть екологічної катастрофи.

Тому, щоб запобігти цьому, необхідно постійно здійснювати контроль за нормами цих викидів, і в жодному разі не допускати перевищення граничнодопустимих концентрацій.

5. З метою зменшення впливу на повітряне середовище котельні, яка використовує як паливо подрібнені гілки, необхідно встановити електрофільтр іноземного виробництва, та контролювати викиди сульфур (IV) оксиду.

Отже перераховані основні заходи, для покращення екологічного стану у приватному домогосподарстві дозволять зменшити вплив шкідливих факторів на оточуюче середовище.

Висновком є виконання передбачених заходів які дадуть можливість зберегти навколишнє середовище, зменшивши вплив шкідливих факторів як на організм людини, так і на оточуюче його навколишнє середовище.

4.2. Охорона праці

Охорона життя і здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності, створення безпечних і не шкідливих умов праці є найважливішим державним завданням. Успішне вирішення завдання залежить від належної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань безпеки життєдіяльності.

При використанні подрібнювальних машин для подрібнення гілок дерев до роботи можна допускати тільки тих осіб, яким виповнилося 18 років, і які пройшли інструктаж з безпечних способів праці, знають конструкцію і регулювання вузлів машини.

Особа, яка буде виконувати подрібнення гілок дерев повинна бути одягнена в спецодяг:

- костюмом з пилонепроникної тканини;
- комбінованими рукавицями;
- звукозахисними навушниками;
- захисними окулярами;
- гумовим взуттям.

Перед початком запуску машини оператор по завантаженню малогабаритного подрібнювача гілок дерев вини подає сигнал.

Під час роботи машини не можна:

- стояти перед вивантажувальним бункером;
- усувати буд-які несправності;
- завантажувати заготовки в яких містяться залізні включення;
- очищати руками робочі органи;
- регулювати натягування пасів;
- змащувати будь-які вузли і деталі.

Категорично забороняється:

- вмикати машину під дощем, або виконувати подрібнення на мокрій підлозі важіль гідропіднімача, стоячи на землі біля ґрунтообробної машини;
- не можна працювати, якщо несправні вузли машини;

- не дозволяється передавати управління подрібнювачем для виготовлення подрібнених гілок дерев стороннім особам.

Оператору потрібно забезпечити повним комплектом справного інструменту, що повинен зберігатися у спеціальному ящику, для перевірки кріплення деталей машини.

Для відпочинку необхідно відвести місця за межами робочої зони.

Не дозволяється:

- стороннім особам перебувати біля оператор під час подрібнення гілок дерев;
- працювати з машиною для подрібнення гілок дерев після вживання алкогольних напоїв;
- у випадках недомагання продовжувати роботу, необхідно звернутися до лікарні.

На кожному виробництві має бути невеличка аптечка. Працівники повинні бути навчені наданню долікарської допомоги. Місця де буде виконуватися подрібнення гілок дерев обладнуються засобами пожежогасіння: вогнегасником і штиковою лопатою. Під час грози роботу подрібнювачів для подрібнення гілок дерев зупиняють.

Перевіряти та регулювати робочі органи і механізми, встановлювати або замінювати ножі подрібнювача, усувати несправності, здійснювати змащування, очищувати різальні поверхні ножів, тільки при виключеному електродвигуні.

Забороняється працювати з подрібнювачем сидячи. Постійно стежити за до подрібнювальними молотками, де можливе накопичення неподрібнених часток деревних відходів. Очищення проводити у спеціальних рукавицях.

Аналіз небезпечних умов, що існують або виникають безпосередньо на виробництві показав, які їх можна поділити на групи:

- характеризують стан чи рівень безпеки виробничого обладнання або робочого місця, конструктивні недоліки вузла чи машини;

- спонукають працівника допускати помилки у процесі виробництва, низька кваліфікація працівника рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працівника небезпечну зону у наслідок відсутності контролю за здійсненням правил з охорони праці, та інші.

Будь-яке порушення аналітичної цілості організму чи його функції наслідок дії на людину, дії небезпечного фактору визначається як травма. Внаслідок аварії технічної системи трапилися травми у людей, то випадок травми потрібно розглянути як подію, яка є наслідком аварії. Це стосується тих систем, в яких підсистемами є машина та людина. Якщо при функціонуванні систем з ладу вийшла машина, припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей чи самої машини, та це привело до матеріального збитку, то таке явище необхідно назвати аварією.

При функціонуванні людино-машинних систем ці явища як травми, аварії мають бути дуже близькі механізми формування і виникнення, в подальшому ці явища описуються паралельно див. рис. 4.1.

Основні небезпеки, що виникають на виробництві приведені у див. табл. 4.1.

Таблиця 4.2 – Аналіз формування процесів травмонебезпечних ситуацій при роботі на подрібнювальних машинах для виготовлення тріски

| Вид робіт, робоче місце, виробниче обладнання, склад машини | Виробнича небезпека | | | Можливі наслідки | Заходи запобігання небезпечним ситуаціям |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|------------------|------------------------------------------------------|
| | Небезпечна умова НУ | Небезпечна дія НД | Небезпечна ситуація НС | | |
| Підготовка деревних відходів до подрібнення | Необхідність підготування гілок дерев на відповідний розмір | Недодержання правил з охорони праці НД2 | Можливість поранення | Травма | Проведення позапланового інструктажу з охорони праці |

Продовження таблиці 4.1

| Вид робіт, робоче місце, виробниче обладнання, склад машини | Виробнича безпека | | | Можливі наслідки | Заходи запобігання небезпечним ситуаціям |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Небезпечна умова НУ | Небезпечна дія НД | Небезпечна ситуація НС | | |
| Запуск малогабаритного подрібнювача для подрібнення гілок дерев | Пуск подрібнювача без відповідних кожухів на клинопасовій передачі | Початок роботи без вузлів які відповідають за охорону паці працівника | Попадання руки або ноги в обертовий елемент | Травма | Обладнати спеціальними захисними кожухами подрібнювач та провести огляд кріплень обертових елементів, |
| Очищення молотків доподрібнювального відділення подрібнювача від залишків часток подрібнених гілок | Деревні відходи намоталися на робочий вал подрібнювача | Очищення деревних відходів руками | Можливість поранення | Травма | Очищення проводити в рукавицях |
| Проведення ремонтних робіт малогабаритного подрібнювача для подрібнення гілок дерев | Подрібнювач не вимкнений з мережі 220В | Працівник проводить роботи з ТО і випадково хтось вмикає подрібнювач | Можливість поранення | Травма | Для виконання ТО потрібно вимкнути подрібнювач з мережі живлення та повісити табличку «не вмикати працюють люди» |

Для запобігання небезпечних ситуацій, необхідно дотримуватись загальних правил безпеки:

1. Не можна допускати дітей до роботи з подрібнювачем та підпускати до зони роботи агрегату.
2. Для роботи з подрібнювачем потрібно носити відповідний захисний одяг: міцне взуття (забороняється носити сандалі, або відкрите взуття, а також працювати босоніж) і захисні окуляри. Заборонено вдягати вільний одяг, частини якого можуть потрапити в рухомі частини пристрою.
3. Під час роботи рекомендовано носити пилозахисний респіратор. Деревний пил є канцерогеном та здатний викликати важкі респіраторні захворювання.
4. Під час роботи з подрібнювачем завжди носіть шумозахисні навушники або беруші. Шум під час роботи подрібнювача може призвести до незворотної втрати слуху.
5. Перед початком роботи з подрібнювачем необхідно переконатись, що у робочій зоні немає сторонніх осіб.
6. Необхідно зберігати стійке положення тіла і рівновагу під час запуску або роботи з подрібнювачем. Не можна нахилитись прямо над подрібнювачем.
7. Робота з подрібнювачем дозволяється лише при денному світлі.
8. Не допускається робота з подрібнювачем в стані алкогольного сп'яніння.
9. Перед запуском двигуна необхідно переконатись, що в барабані подрібнювача немає сміття.
10. Необхідно тримати руки і ноги на безпечній відстані від рухомих частин подрібнювача та завантажувального бункера; триматися на безпечній відстані від вивантажувального вікна подрібнювача.
11. Подрібнювач повинен знаходитися на твердій, рівній поверхні для забезпечення стійкого положення.
12. Дотримуватись обмежень щодо діаметру сучків і гілок дерев.

13. Не можна залишати увімкнений подрібнювач без нагляду. Перш ніж покинути робочу зону, необхідно обов'язково вимкнути двигун, дочекатися повної зупинки ротора.

14. Не можна допускати скупчення сировини в зоні розвантаження або камері подрібнення.

15. Не можна допускати скупчення сировини навколо двигуна під час роботи подрібнювача. Це може призвести до перегріву двигуна та пожежі.

16. Заборонено переміщати подрібнювач в процесі роботи. Це може призвести до перекидання агрегату, а спроби утримати від перекидання можуть призвести до потрапляння рук у рухомі частини подрібнювача.

17. Заборонено використання подрібнювача у разі появи незвичного шуму або вібрації. Необхідно негайно вимкнути двигун, дочекатися повної зупинки ротора і відключити подрібнювач від електромережі. Далі оглянути подрібнювач на наявність пошкоджень або сторонніх предметів у зонах подрібнення. Видалити всі сторонні предмети, які можуть перешкоджати правильній роботі подрібнювача.

18. Заборонено намагатись прочистити від засмічення бункер або вивантажувальне вікно, або виконувати будь-які роботи з технічного обслуговування під час роботи подрібнювача.

19. Необхідно переконатись, що камера подрібнення та завантажувальний бункер подрібнювача порожні, перед тим як розпочати роботу. Спроби запустити пристрій, коли всередині знаходиться сировина, може призвести до заклинювання двигуна та робочих органів.

4.3. Техніко-економічне обґрунтуванням результатів досліджень

Плановий річний економічний ефект розраховуємо на основі питомих показників очікуваного економічного ефекту та масштабів впровадження, що закладені в проекті [25].

Річний економічний ефект, що очікується, розраховуємо за формулою:

$$E = [(C_{\bar{o}} + E_n K_{\bar{o}}) - (C_n + E_n K_n)] A_n, \quad (4.1)$$

де E – річний економічний ефект, грн.:

$C_{\bar{o}}, C_n$ – собівартість одиниці роботи за базовим та новим варіантом, грн.;

$K_{\bar{o}}, K_n$ – питомі капіталовкладення в базовому та новому варіанті, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_n = 0,15$;

A_n – програма використання результатів нової техніки.

Оскільки результати експериментальних досліджень підтвердили, що основною перевагою запропонованого малогабаритного подрібнювача гілок є можливість налаштування енергозберігаючих режимів роботи машини, що в свою чергу безпосередньо пов'язано з економією електроенергії, то річний економічний ефект від впровадження та використання нових засобів праці довгострокового використання з поліпшеними характеристиками розраховуємо за формулою:

$$E = \left[\frac{(C_{\bar{o}} + E_n K_{\bar{o}}) B_n / B_{\bar{o}} (P_{\bar{o}} + E_{\bar{o}}) / (P_n + E_n) + (I_{\bar{o}1} - I_{n1})}{E_n (K_{n1} - K_{\bar{o}1}) / (P_n + E_n) - (C_n + E_n K_n)} \right] A_n, \quad (4.2)$$

де $C_{\bar{o}}, C_n$ – собівартість одиниці базового та нового засобу праці, грн.;

$K_{\bar{o}}, K_n$ – питомі капіталовкладення в базовому та новому варіанті, грн.;

$B_n / B_{\bar{o}}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення продуктивності одиниці нового засобу праці в порівнянні з базовим;

$B_n, B_{\bar{o}}$ – річні обсяги продуктивності, що виробляються на використанні одиниці базового та нового засобу праці;

$(P_{\bar{o}} + E_{\bar{o}}) / (P_n + E_n)$ – коефіцієнт, що враховує зміну терміну служби нового засобу праці в порівнянні з базовим;

$P_{\bar{o}}, P_n$ – частки відрахувань від балансової вартості на повне відновлення базового та нового засобів праці. Розраховують як величини, що є зворотними термінам служби засобів праці, які в свою чергу визначаються з урахуванням їх морального зносу;

$((I_{\bar{o}1} - I_{n1}) - E_n \cdot (K_{n1} - K_{\bar{o}1}) / (P_n + E_n))$ – економія споживача на

експлуатаційних затратах та відрахуваннях від супутніх капіталовкладень за весь термін роботи нового засобу праці в порівнянні з базовим, грн.;

$I_{б1}, I_{н1}$ – річні експлуатаційні витрати в розрахунку на обсяг роботи, що виробляється за допомогою нового засобу праці;

$K_{н1}, K_{б1}$ – супутні капіталовкладення при використанні базового та нового засобів праці в розрахунку на обсяг продукції, що виробляється за допомогою нового засобу праці, грн.;

A_n – річний обсяг виробництва нових засобів праці в розрахунковому році, в натуральних одиницях;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень рівний 0,15 в галузі сільськогосподарського машинобудування.

Тоді, відповідно $C_b = 16000 \text{ грн}$, $C_n = 26000 \text{ грн}$ Питомі капітальні вкладення в базовому та новому варіанті розглядаємо, як вартість комплектації прототипу, та запропонованих – з подрібнювальними молотками;

B_n / B_b – коефіцієнт, що враховує збільшення продуктивності одиниці нового засобу праці в порівнянні з базовим, $B_n / B_b = 1,52$;

$(P_b + E_b) / (P_n + E_n)$ – коефіцієнт, що враховує зміну терміну служби нового засобу праці в порівнянні з базовим, для наших розрахунків прийнято 1; $((I_{б1} - I_{н1}) - E_n(K_{н1} - K_{б1})) / (P_n + E_n)$ – економія споживача на експлуатаційних затратах та відрахуваннях від супутніх капіталовкладень за весь термін роботи нового засобу праці в порівнянні з базовим, приймаємо 10722 грн., (зниження експлуатаційних витрат за рахунок спрощення технічного обслуговування при виконанні технологічного процесу та економії електроенергії) [25].

Малогабаритний подрібнювач для виготовлення тріски сконструйовано відповідно до вимог експлуатації, щодо якості робіт і оптимального використання енергетичних показників подрібнювача, забезпечує високу продуктивність виконання заданої роботи з мінімальними затратами праці і коштів [26]. Розрахуємо річний економічний ефект від впровадження нового засобу праці довгострокового використання з поліпшеними якісними

характеристиками як такий, що прогнозується. Як новий варіант, пропонуємо малогабаритний подрібнювач гілок, що укомплектований додатково молотковими до подрібнювачами.

Враховуючи визначені показники, одержимо значення економічного ефекту від застосування малогабаритного подрібнювача гілок:

$$E = [(26000 + 0,15 \cdot 26000) \cdot 1,15 \cdot 1 + (10722 - (16000 + 0,15 \cdot 16000))] \cdot 1 = 26707 \text{ грн} \quad (4.3)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.4. – Техніко-економічні показники ефективності використання дослідного малогабаритного подрібнювача гілок в порівнянні з прототипом

| Показник | Базовий подрібнювач гілок | Дослідний подрібнювач гілок |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Вартість виробництва, грн. | 26000,00 | 16000,00 |
| Діаметр деревного матеріалу, м | 0,035 | 0,035 |
| Експлуатаційна продуктивність за зміну, кг/год | 36,00 | 57,00 |
| Експлуатаційна витрата електроенергії, кВт/год | 2,5 | 1,83 |
| Приріст продуктивності від застосування запропонованого робочого органу, кг/год. | 0 | 21,00 |
| Собівартість 1 кг подрібнених гілок без вартості матеріалу, грн. | 0,16 | 0,07 |
| Вартість приросту виконаних робіт, грн./год. | 0 | 0,09 |
| Вартість додаткових капіталовкладень на конструкцію агрегату, грн. | 0 | 10722,00 |
| Строк окупності капіталовкладень, років | 0 | 0,4 |
| Норма виробітку на подрібнення, кг/зм. | 288,00 | 456,00 |
| Економічна ефективність, використання, грн. | 0 | 26707 |

Враховуючи те, що галузевий нормативний термін – 5 років, розрахунки економічної ефективності за результатами випробувань дослідного зразка

подрібнювача гілок показали, що впровадження у виробництво малогабаритного подрібнювача гілок дерев є економічно ефективним.

4.4 Висновки за розділом 4

1. Отримане підтвердження гіпотези про зв'язок продуктивності подрібнювача гілок від діаметру матеріалу подрібнення та його вологості.

2. Розроблені рекомендації з екологічної експертизи майбутнього виробництва з подрібнення гілок дерев, а також розглянуті питання охорони праці при роботі на електричному малогабаритному подрібнювачі гілок дерев, та розроблена інструкція з охорони праці при роботі з подрібнювачем.

4. Результати наукового обґрунтування схеми й режимних параметрів малогабаритного подрібнювача гілок дерев реалізовані в експериментальному зразку, який випробуваний у виробничих умовах.

5. Собівартість подрібнення гілок дерев на дослідному зразку з удосконаленими режимами параметрами роботи склав 0,07 грн, що на 56% нижче за прототип. Значення економічного ефекту від застосування малогабаритного подрібнювача гілок дерев становить 26707 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу існуючих технологій та технічних засобів для подрібнення гілок дерев домогосподарств, необхідною умовою останніх є відповідний енергоощадний режим роботи та максимальна продуктивність роботи машини. Одним із перспективних напрямків вирішення поставленої задачі є визначення оптимальних конструктивних параметрів подрібнювача гілок дерев та встановлення їх впливу на продуктивність роботи в процесі подрібнення.

2. Пріоритетним в ресурсозберігаючій технології подрібнення гілок є використання машин з електродвигунами, що живляться від електромережі 220 В, і мають електроспоживання в межах $W = 1,5..2,8 \text{ кВт/год}$, при частоті обертання робочого диску $n = 1350..1500 \text{ об/хв}$.

3. У дослідній конструкції подрібнювача гілок дерев використано привід від електродвигуна. Проте досить перспективним є також використання в якості привідного агрегату бензинового двигуна.

4. Встановлено, що вологість є важливим показником для матеріалу подрібнення, оскільки за оптимальної вологості близько $w = 34,5\%$ сила різання за умови сталої частоти обертання диска подрібнювача на рівні $n = 1500 \text{ об/хв}$ становитиме $P = 85 \text{ Н}$

5. Лабораторними дослідженнями доведена адекватність теоретичної моделі впливу діаметра гілок та їх вологості на отримання максимальної продуктивності. Встановлено, що в умовах експерименту, щоб досягти оптимальних режимів роботи, що сприятимуть максимальній продуктивності подрібнення гілок дерев, необхідно використовувати гілки середньої вологості в межах $W = 35..45\%$, а також виконати сортування їх по діаметру значення яких становить $d = 0,025..0,035 \text{ м}$, при цьому продуктивність малогабаритного подрібнювача гілок буде оптимальною та становитиме $Q = 233,4..265,4 \text{ кг/год}$.

5. Виробничими дослідженнями технології подрібнення гілок дерев з використанням розробленого дослідного малогабаритного подрібнювача встановлено, стабільну працездатність машини при фактичній продуктивності 250 кг/год, що на 54% вище за базову модель.

6. Собівартість подрібнення гілок дерев на дослідному зразку з удосконаленими режимами параметрами роботи склав 0,07 грн, що на 56% нижче за прототип. Значення економічного ефекту від застосування малогабаритного подрібнювача гілок дерев становить 26707 грн..