

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра Технології та засоби механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка до *дипломної роботи*
на здобуття ступеня вищої освіти « Магістр »
магістр
на тему: «Обґрунтування енергозберігаючих режимів роботи малогабаритного
подрібнювача гілок»

Виконав: здобувач вищої освіти
за ступенем «магістр» групи 2

(магістр)

ОПП технології і засоби механізації
сіськогосподарського виробництва

Назва ОПП

спеціальності 208 Агроінженерія

шифр та назва спеціальності

Донець О.А.

прізвище та ініціали студента

Керівник: Ляшенко С.В.

прізвище та ініціали керівника

Рецензент: _____

прізвище та ініціали рецензента

ВСТУП

Актуальність теми. Щороку в особистих селянських господарствах Полтавщини накопичуються близько 1 т відходів деревини. Ці відходи деревини зазвичай спалюють, але ж вони є сировиною яку можна переробляти на матеріал для мульчування та повторного використання. Тому подрібнені гілки відносяться до кризо стійкого паливного матеріалу. Для виробництва матеріалу подрібнених гілок, перш за все, використовуються дерева, гілки після обрізування, кущі, а також відходи промислової заготівлі деревини.

Один з найбільш актуальних питань, що виникають після того як відходи деревини накопичилися, що робити з ними? Останнім часом відбувається швидкий перехід до використання біомаси як палива. Тверде біопаливо відіграє істотну роль в енергозабезпеченні промислово розвинених країн: у США його частка становить близько 4%, у Данії – 6%, у Канаді – 7%, в Австрії – 14%, у Швеції – 16% від загального споживання первинних енергоресурсів.

Ефективність переробки біомаси в енергетичну продукцію досягається лише за раціональних параметрів технологічних процесів і машин, які її виконують. Тому обрана тема роботи є актуальною.

Мета та завдання досліджень: обґрунтувати енергозберігаючі режими роботи малогабаритного подрібнювача гілок, в умовах особистого селянського господарства.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз існуючих промислових засобів подрібнення гілок;
- встановити раціональні режими роботи малогабаритного подрібнювача гілок;
- визначити вплив кута різання та щільності деревини на енергоспоживання технологічного процесу подрібнення гілок;
- провести виробничі дослідження малогабаритного подрібнювача гілок з метою отримання подрібненого матеріалу необхідної фракції.

Об'єкт дослідження технологічний процес подрібнення гілок.

Предмет дослідження енергозберігаючі режими роботи малогабаритного подрібнювача гілок.

Методика досліджень базуються на використанні методів математичного і фізичного моделювання реального подрібнювача, а також методів математичної статистики при опрацюванні і аналізі експериментальних даних.

При проведенні виробничого експерименту було використано планування згідно повно факторного експерименту. Для прогнозування впливу режимів роботи подрібнювача на енергоспоживання розроблена математична модель. Дослідження проводилися за стандартними методиками.

Теоретична та практична значущість. Робота виконувалася згідно планів науково-дослідної діяльності кафедри «Технології та засоби механізації аграрного виробництва» (2020 – 2021 р.р.) Інженерно-технологічного факультету Полтавської державної аграрної академії.

Запропонована модернізована конструкція малогабаритного подрібнювача гілок дозволяє мінімізувати енергоспоживання в технологічному процесі виготовлення подрібненого матеріалу:

- підвищити продуктивність машини;
- оптимізувати режими роботи з метою зменшення енергоспоживання;

Запропонована технологія пройшла експериментальну виробничу апробацію і дозволить отримати річний економічний ефект від модернізації малогабаритного подрібнювача гілок для виготовлення подрібненого матеріалу, порівняно з промисловим варіантом – у розмірі 26707 грн.

Отримані результати, рекомендуються при використанні малогабаритного подрібнювача в умовах особистих селянських господарств, а також для агропромислового виробництва, для виготовлення подрібненого матеріалу.

Особистий внесок претендента. У публікаціях у співавторстві авторів належать: вдосконалення машин для виготовлення паливного матеріалу необхідної фракції для побутового використання. [1] Результати лабораторних досліджень малогабаритного подрібнювача для виготовлення паливного матеріалу [2].

Апробація результатів магістерської дипломної роботи. Основні результати роботи були висвітлені у фаховому виданні Ляшенко С.В. «Вдосконалення машин для виготовлення паливного матеріалу необхідної фракції для побутового використання» С.В. Ляшенко, Ю.О. Пошивайло \ \ Вісник ПДАА. – Полтава, 2017. Вип. 4. – С. 106 – 109.

Обговорені на конференції: «Результати лабораторних досліджень малогабаритного подрібнювача для виготовлення паливного матеріалу» енерго- і ресурсозберігаючі технології та машини в переробних та харчових виробництвах. Друга всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція. – Полтава: ПДАА, 03-05 грудня 2018 р. – Вип. XIV. – С. 19-22.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Поводження з дерево-рослинними відходами

Одним з можливих шляхів отримання додаткової кількості деревної сировини є переробка деревних відходів, які утворюються в процесі заготівлі деревини, переробки в лісозаготівельних підприємствах і в сільськогосподарському лісопосадковому господарстві аграрних підприємств. Переробка сировини низької якості і відходів розчищення лісопосадкових насаджень та лісозаготівель створює сприятливі умови для реалізації найважливішого завдання – комплексного і повного використання відходів деревини в якості енергетичної продукції [3]. Таким чином, основним напрямком з переробки відходів деревини, зокрема гілок, є вдосконалення технологічних процесів та технічних засобів з механізації технологічних процесів, що дозволяють вести переробку відходів деревини. Цей напрямок визначає розвиток промисловості не тільки на найближчі роки, а й на далеку перспективу. У зв'язку з цим в представленій роботі розглядається питання про необхідність переробки гілок деревини та рослинних відходів.

Відходи – це та частина сировини, яка відокремлюється в процесі обробки що не відповідає технічним умовам на виготовлення заготівки, деталь або виріб. Деревні відходи можна класифікувати [4]: - за асортиментом вихідної сировини (відходи пиломатеріалів, відходи фанери і деревоволокнистих плит, відходи деревостружкових плит, порубкових залишків (пеньки, стовбури, коріння, отримані в результаті вирубування дерев і чагарників), рослинні залишки (це опале листя, зібране в період масового листопаду, скошена трава, що утворюється в процесі догляду за газонами та присадибними ділянками), порубкові і рослинні залишки (що утворюються в результаті проведення робіт по експлуатації зелених насаджень, реалізації розчищення посадкових смуг, ремонту інженерних комунікацій та інших видів господарської діяльності) [5]; - по породам деревини (хвойна, листяна); - по вологості (сухі до 15%, напівсухі 16-30%, вологі 31% і вище, вологі 100% і вище); -

за структурою (великі, середні, дрібні, сипучі); - по стадійності обробки (первинні, вторинні).

Кількість відходів деревообробних та інших виробництв залежить від якості сировини, що поставляється, типу і розміру продукції, технічного забезпечення підприємства і його потужності. Кількість відходів в деревообробній галузі становить 45-63% вихідної сировини (пиломатеріалів, фанери) [4]. А, наприклад, в Полтавському лісопарковому господарстві утворюється понад 100 тис. м³ дерево-рослинних відходів в рік, з них 60% складають залишки від вирубування деревини і 40% - скошена трава і опале листя [6]. Зважаючи на це вдосконалення системи управління дерево-рослинними відходами визнається сьогодні головною проблемою в сфері охорони навколишнього середовища.

Основні кроки щодо вирішення цієї проблеми були визначені на Міжнародній конференції зі сталого розвитку в Йоганнесбурзі у вересні 2002 року. Вони включають в т.ч. запобігання та мінімізацію відходів і максимальне повторне використання, вторинну переробку ресурсів; а також застосування альтернативних екологічно безпечних матеріалів, що передбачає до єднання урядів і всіх зацікавлених сторін, з метою мінімізувати шкідливий вплив на навколишнє середовище і підвищити ефективність ресурсів [7]. Слід також зазначити, що високі показники економічного зростання повинні супроводжуватися стійким використанням природних ресурсів і таким же стійким рівнем відходів. В кінцевому підсумку треба прагнути до того, щоб споживання відновлюваних і не відновлюваних ресурсів не перевищувало пропускну здатність навколишнього середовища. Трансформація ресурсу на працювання і виробництво з нього продуктів, споживання і перетворення в відходи може впливати на навколишнє середовище. У зв'язку з цим важливими складовими на будь-якій стадії його життєвого циклу є заходи по запобіганню утворення відходів або їх повернення в економічний цикл (замикання ресурсної петлі). Однак при реалізації будь-яких заходів по вторинному використанні відходів необхідно брати до уваги економічну доцільність і ретельно аналізувати рентабельність процесу. Тому необхідно заохочувати вторинне використання

відходів у виробничому циклі там, де є потенціал зниження навантаження на навколишнє середовище з найбільшим економічним ефектом [7].

Особливо це стосується сільськогосподарського виробництва. Комплексне раціональне використання лісових ресурсів передбачає переробку відходів деревини, які продукуються в процесі лісозаготівель і розчищення захисних між польових посадкових насаджень. Дерево-рослинні відходи є цінною сировиною для виробництва різноманітних паливних та будівельних матеріалів, для гідролізоної, целюлозоної та інших галузей промисловості. Утилізація дерево-рослинних відходів має величезне народногосподарське значення: дерево-рослинні відходи можуть бути використані для виготовлення компосту з метою рекультивації земель [8], в будівництві для виробництва конструктивних, облицювальних і теплоізоляційних матеріалів і так далі, що може дозволити значно скоротити обсяги вирубування лісу і знизити утворення твердих побутових відходів [9]. Також слід зазначити, що велика кількість дерево-рослинних відходів утворюється в особистих селянських господарствах. Тому необхідно проводити заходи зі збору та переробки дерево-рослинних відходів (наприклад, скошена трава, гілки від обрізки плодових та листяних порід, опале листя, деревина від видалення дерев), що утворюються в межах присадибних ділянок. Замість відвезення на звалища тверди побутових відходів або спалювання дерево-рослинні відходи можна переробляти і отримувати з них, наприклад, мульчувальну декоративну тріску, компост, ґрунто-суміші, які можуть використовуватися в процесі озеленення присадибних ділянок та відновлення порушених ерозією земель.

Існують наступні методи поводження з дерево-рослинними відходами [10]: 1) поховання на полігонах твердих побутових відходів; 2) спалювання з утилізацією тепла; 3) метанове зброджування (переробкою твердих побутових відходів в анаеробних умовах); 4) біотермічна переробка відходів в компост в закритих установках (у ферментаторах, біобарабанах, біобашнях) з примусовою котельною аерацією (компостування відходів в спеціальних закритих установках); 5) Вермикомпостування (аеробне компостування з використанням дощових черв'яків); 6) польове компостування відходів у штабелях (проводиться в природних

умовах на спеціальних майданчиках). У загальному випадку повний цикл перероблення дерево-рослинних відходів включає збирання, сортування, переробку і повторне використання відходів. Найбільш прийнятні технології утилізації дерево-рослинних відходів можуть бути визначені тільки при комплексному підході до усіх аспектів утилізації. Комплексний підхід може ґрунтуватися на наступних принципах [11].

– Комплексний облік факторів, що характеризують стан системи «технологія – навколишнє середовище», вибір оптимального співвідношення параметрів, при якому функціонуватиме система можна вважати без накопичувальна і ефективна з точки зору економіки і екології.

– Максимальне використання поновлювальних складових дерево-рослинних відходів.

– Продукти переробки не повинні завдавати шкоди навколишньому середовищу.

– Найважливішими властивостями дерево-рослинних відходів, визначення методу переробки, є їх хімічний склад [9]. Дерево-рослинні відходи містять цінні поживні елементи для ґрунтів, які сприяють їх відновленню та збагаченню.

– Бути економічно доцільними (до числа найважливіших техніко-економічних показників відносяться: ступінь їх можливого використання, економія природної сировини і матеріальних ресурсів, економія паливно-енергетичних ресурсів, якісні показники продукції, її затребуваність і конкурентоспроможність на ринку, однорідність складу відходів, схильність їх до технологічної підготовки та переробки, наявність транспортних комунікацій і радіус перевезень, розмір капітальних вкладень і ін.).

Аналіз існуючих систем утилізації відходів сільськогосподарського та лісопаркового господарства з урахуванням техніко-економічних і екологічних факторів показав, що найбільш прийнятною для умов Полтавського регіону технологією утилізації дерево-рослинних відходів є метод польового компостування в штабелях. Аналіз показав, що переробка дерево-рослинних відходів в компост може бути альтернативним напрямком по відношенню до методів закопування

відходів. Більш того, спостерігається в світі зростання обсягу перероблення відходів і популярності цього напрямку свідчить про її перспективність. Також слід зазначити, що виробництво на основі технології польового компостування дозволить при мінімальних капітальних та експлуатаційних витратах вирішити ряд екологічних проблем сільськогосподарського виробництва та особистих селянських господарствах і скоротити витрати бюджету на придбання мінеральних добрив для підживлення ґрунтів.

1.2. Характеристика вихідного матеріалу після подрібнення

За умови використання подрібнених гілок деревини для опалювальних котлів, необхідно дотримуватись декількох умов, пов'язаних з вибором сировини та безпечною організацією зберігання подрібненого матеріалу. Дотримання простих рекомендацій значно збільшить ефективність та коефіцієнт корисної дії котла, а отриманий подрібнений матеріал гілок буде дійсно економічним видом палива.

Який подрібнений матеріал гілок краще для спалювання у котлах? Виробники опалювального обладнання, яке працює на даному виді палива, детально описують в технічній документації вимоги до неї. Додаткові свідчення описані у ГОСТ 18320-78, також у державних стандартах вказано[12]:

- фракція подрібненого матеріалу гілок знаходиться у межах, від 2 до 10 см;
- паливо не має містити домішок, 5% гнилих залишків, 0,5% домішок;
- не допускаються металеві включення;
- зберігання сировини відбувається в спеціалізованих бункерах;
- максимальний час зберігання подрібненого матеріалу гілок, не більше 7міс.

При виборі паливного матеріалу, звертають увагу на такі параметри:

- максимально допустима вологість подрібненого матеріалу;
- породу деревини.

Не рекомендується обирати вологий подрібнений матеріал гілок низької якості. Використання дешевого палива, призводить до низької тепловіддачі та знижує строк експлуатації котла. Оптимальна вологість подрібненого матеріалу не повинна

перевищувати 16-20%. Дані вимоги пов'язані з тим, що в більшості котлів, на деревних відходах, використовується процес газогенерації або піролізу. Під час згоряння палива, додаткову енергію отримують від додаткового спалювання вуглекислого газу, який виробляється під час горіння. Процес піролізу можливий за умов досягнення наступних вимог:

- створення та підтримка високої температури горіння у паливній камері, не менше 600°C;
- обмежений доступ повітря;
- вологість деревного матеріалу не більше 20%.

Якщо кількість вологи буде більшою, замість вуглекислого газу, з поверхні палива буде випаровуватися волога, що унеможлиблює процес газогенерації. Волога сировина призводить до посиленого скупчення конденсату та смолистих виділень на стінках димохідного каналу, що призводить до швидкого виходу із ладу опалювального обладнання.

Для котла краще використовувати подрібнений матеріал гілок з деревини твердих порід, такі як, дуб, бук, акація, осина. Слід утриматися від використання відходів смолистих дерев, такі як сосна, ялинка. Не рекомендується використовувати у котлах відходи будівельних матеріалів (деревостружкових плит і т. д. оскільки при згорянні виділяється токсичний для людини дим.

За умови використання подрібненого матеріалу гілок у якості компостування необхідно враховувати вимоги до розмірів частинок матеріалу. Подрібнення є однією з допоміжних операцій, що застосовуються при переробці твердих побутових відходів у компост. Гілки деревини – можна подрібнювати до потрібного розміру роздавлюванням, розколюванням, розламуванням, різанням, розпилюванням, зминанням і різними комбінаціями цих способів. Зменшення розмірів шматків деревних матеріалів досягається методом дроблення або подрібнення. Подрібнення гілок для компостування прийнято називати крупним, якщо розмір гілкового матеріалу з поперечним розміром від 1000 до 200 мм, середнім і проміжним – в межах від 250 до 50 мм, дрібним – в межах від 50 до 20 мм і тонким (подрібненням) – в межах від 20 до 3 мм, а в окремих випадках від 0,1 до 0,001 мм. При подрібненні гілок

дерева для компостування витрачається багато механічної енергії, тому важливо правильно вибрати спосіб подрібнення.

1.3. Аналіз конструкцій подрібнювачів гілок

Подрібнювачі гілок – це техніка яка є невід’ємною частиною будь-якого домогосподарства, а в умовах виробництва, майже кожного сільськогосподарського підприємства. За допомогою даного інструменту можна з легкістю подрібнити різні матеріали: гілки, листя, суху траву, відходи сільськогосподарського виробництва.

Конструкція машини для подрібнення складається з корпусу, який буває пластиковим або металевим, двигуна, який розташований всередині корпусу і приводить в рух систему ножів, яка подрібнює матеріал, що подається. Чим більша потужність мотора, тим подрібнювач продуктивніше і ціна його дорожче.

Існує три види різальної системи, яка є однією з найважливіших вузлів подрібнювача: - із лезами загартованої сталі, які обертаючись подрібнюють гілки діаметром до 4 см. [13] див. рис. 1.1.



Рисунок 1.1. – Дискава різальна система

- з гвинтовим різальним механізмом, який подрібнює гілки діаметром до 5 см, див. рис. 1.2.



Рисунок 1.2. – Гвинтова різальна система

- 3 фрезерним барабаном, якими обладнані більш дорогі моделі подрібнювачів. Подрібнюють гілки діаметром до 6 см, працюють практично безшумно див. рис. 1.3.



Рисунок 1.3. – Фрезерна різальна система

Корпус подрібнювача гілок зроблений розбірним, щоб полегшити доступ до ножової системи, яка вимагає періодичного обслуговування і загострення. Різальну систему можна з легкістю розібрати в домашніх умовах. Лезо, яке встановлено на дисковому ножі, закріплено двома гвинтами – при необхідності його можна зняти і підгострити. Робити це при необхідно періодично або в разі погіршення роботи

подрібнювача після утворення сколів на ножах, які негативно впливають на якість різання [13].

Приймальний лоток призначений для завантаження матеріалу, який необхідно подрібнювати. Щоб матеріал було легше завантажувати, деякі моделі подрібнювачів роблять з похилою приймальною камерою. Вивантаження подрібненого матеріалу здійснюється через вихідний отвір. Деяку подрібнювачі обладнані контейнером для подрібненого матеріалу: Wolf-Garden SDL2500 EVO; Sadko GS 2800; AL-KO LH 2800 Easy Crush.

Колеса потрібні для зручності транспортування подрібнювача по ділянці. Подрібнювачі гілок бувають як з електричним, так і з бензиновим двигуном. Електричні мають потужність двигуна від 1,6 до 3 кВт і вони можуть подрібнювати гілки, діаметр яких не перевищує 5 см [13].

Відмінні риси електричних подрібнювачів:

- невеликий шум при роботі;
- Відносно невелика ціна;
- простота обслуговування;
- потужні двигуни.

Аматорський клас – до нього відносяться подрібнювачі з потужністю двигуна не більше 2 кВт з ножовим різальним механізмом із загартованої сталі. Вага: 12...20 кг. Застосовуються вони, як правило, в невеликих селянських господарствах і молодих садах, де дерева і чагарники ще не дуже високі. Вони здатні подрібнювати грубу траву, гнилу деревину, тонкі сучки, але не справляються з гілками, діаметр яких перевищує 3 см. До даної серії відноситься подрібнювач гілок Gardena GH2500, див рис. 1.4. До переваг даного класу подрібнювачів можна віднести: компактність конструкції; невелика вага; економічність; немає необхідності заправляти бензином. Але разом з тим вище згаданий клас подрібнювачів має і недоліки: необхідність приєднання до електромережі з використанням довгих кабелів живлення; обмежений діаметр завантажувальних гілок до 3 см.; не велика продуктивність.



Рисунок 1.4. – Подрібнювач гілок Gardena GH2000 (аматорський клас)

Середній клас укомплектований двигунами, потужність яких становить від 2 до 2,5 кВт. Система ножів: сталевий валик зі спіральним різальним механізмом, а вага більше, ніж аматорського класу, в межах 30 кг . Справляються з подрібненням трави та гілок. Застосовуються як в невеликих, так і у великих за площею садках з дорослими деревами. Обладнані функцією само затягування матеріалу і подрібнюють гілки діаметром до 3,5 см . Всі моделі обладнані спеціальними колесами для легкого пересування. До середнього класу відноситься такий подрібнювач гілок: Bosch АХТ 25 NC [13] див. рис. 1.5.



Рисунок 1.5. – Подрібнювач гілок Bosch АХТ 25 NC (середній клас)

До переваг даного класу подрібнювачів можна віднести: компактність конструкції; економічність; підвищену продуктивність; немає необхідності заправляти бензином. Але разом з тим вище згаданий клас подрібнювачів має і недоліки: велика вага машини; необхідність приєднання до електромережі з використанням довгих кабелів живлення; обмежений діаметр завантажувальних гілок до 4 см. [13].

Професійний клас обладнаний двигунами до 3,8 кВт і це великі і важкі агрегати з широкими, прямими лотками. Двигун, як правило, трифазний або бензиновий. Обладнаний різальною фрезою з механізмом само втягування. Матеріал не просто подрібнюється, а й добре стискається, перетворюючись в якісну мульчу. Ці машини можуть впоратися з гілками, діаметр яких 12 см. Основне застосування вони знайшли у великих присадибних господарствах і великих плодкових садках з дорослими деревами. До професійних моделей сміливо можна віднести подрібнювачі TW 13 / 75G CHIPPER від англійської компанії Timber Wolf, які можуть бути використані комунальними службами, яким доводиться проводити масштабні роботи з обрізки дерев в місті, по видаленню наслідків ураганів, коли обламані гілки просто технічно складно вантажити і вивозити в місця звалища і переробки відходів (див рис. 1.3.). [14].



Рисунок 1.3. – Подрібнювач гілок TW 13 / 75G CHIPPER, (професійний клас)

За допомогою бензинового двигуна Honda 13HP, Timberwolf TW 13 / 75G Chipper здатний виконувати подрібнення гілок з низькими витратами.

Перевагами конструкції є мобільність, використання власного двигуна. Дисково-ножевий різальний механізм забезпечує подрібнення будь якого матеріалу, а конструкція лопатей створює повітряний потік для інтенсивного видалення подрібненого матеріалу та підвищує продуктивність машини. До недоліків слід віднести високу вартість подрібнювача (орієнтовно 56000 грн). Діаметр матеріалу, що завантажується у приймальний лоток не повинен перевищувати 75 мм.

Отже, проаналізувавши конструктивні особливості трьох машин різного класу можна зробити висновок: конструкція подрібнювачів гілок в умовах особистого селянського господарства повинна поєднувати у собі дисково-ножевий робочий орган, та мати привід від електродвигуна потужністю від 2 до 3 кВт.

1.4. Аналіз конструкції досліджуваного подрібнювача гілок

Малогабаритний подрібнювач гілок призначений для переробки гілок, крони дерев, гілок чагарників, стебел кущів. За своєю конструкцією малогабаритний подрібнювач гілок нескладний, який працює від електромережі 220 В, у комплект якого входить (див. рис. 1.6.) [15]:

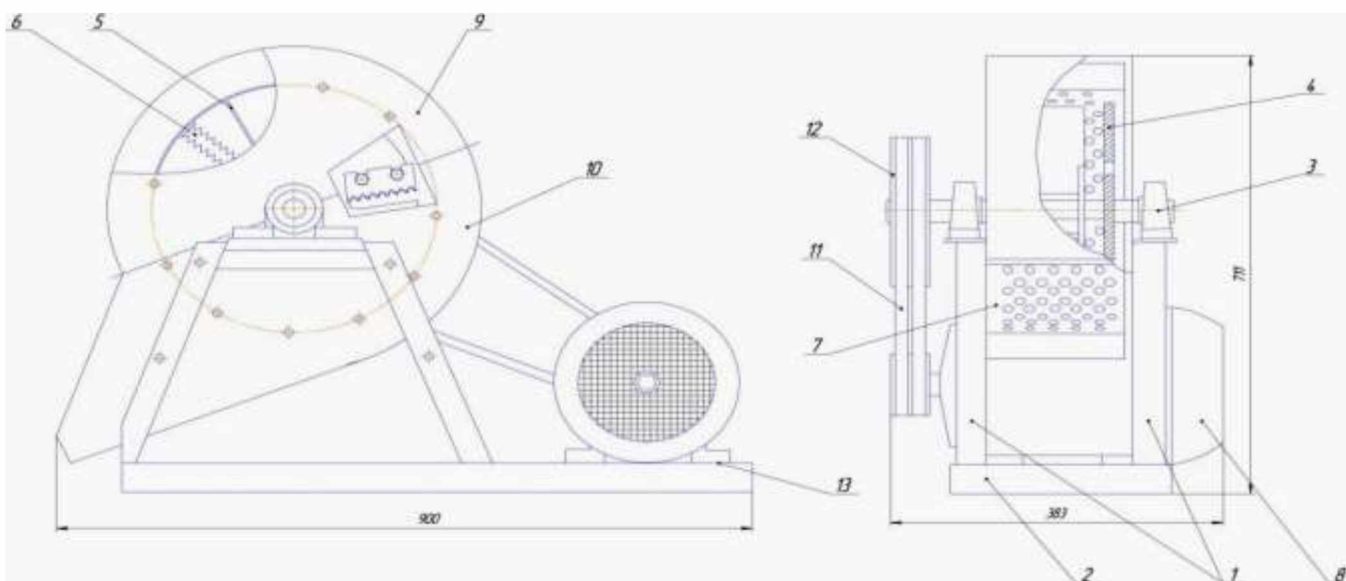


Рисунок 1.4. – Конструкція малогабаритного подрібнювача гілок.

Рама, яка складається з основи 2 звареної зі стійкою 1; до рами прикріплюються опорні підшипники за допомогою болтового з'єднання, на опорні підшипники кріпиться вал, на якому розміщений різальний диск 4 до якого прикріплені три ножа виготовлені з інструментальної сталі, що кріпляться болтовими з'єднаннями на різальний диск; паралельно диску, на вал встановлюються молотки 6 із лопатками 5, молотки кріпляться за допомогою болтового з'єднання, а лопатки приварюються до валу за допомогою зварювання; болтовим з'єднанням до рами кріпиться стаціонарний 9 та відкидний кожух 8; на кожух кріпиться решето (за необхідності), яке складається із двох рівних частин, та кріпиться болтовим з'єднанням до стаціонарного кожуха; на основу рами закріплюється електродвигун 7, який з'єднується пасовою передачею 10 з валом малогабаритного подрібнювача [15].

Необхідну сировину для подрібнення, подаємо в завантажувальний бункер камери подрібнення. Сировина, що потрапляє у камеру, подрібнюється ножами. Сировина потрапляє в камеру, де подрібнюється молотками, та відкидається у вивантажувальний отвір. За умови встановлення решіт подрібнений матеріал потрапляє на стінки решета, поки гранулометричний склад частинок не буде меншим за діаметр отворів решета, та їх не викине повітряним потоком ротора через випускний отвір.

Подача гілок відбувається вручну, гілки, що необхідно подрібнити, закидаються в приймальний бункер по одній, потім гілки самі затягуються під працюючі ножі та молотки. На завершення подрібнений матеріал, за допомогою лопатей, потрапляє на решето і вилітає із малогабаритного подрібнювача через отвір для вивантаження. На вході завантажувальний бункер зроблений у вигляді воронки, щоб подача гілок для переробки була легкою та безпечною для рук [15]. Технічні характеристики малогабаритного подрібнювача гілок представлені в таблиці 1.1.

Переваги та особливості конструкції малогабаритного подрібнювача гілок:

- ножі виготовлені із ресорної сталі 65Г, які мають відмінні різальні властивості;
- вихідної фракції подрібненого матеріалу в межах (5-10-20-30мм);
- безпечний бункер для подачі матеріалу;

Таблиця 1.1. – Технічні характеристики малогабаритного подрібнювача гілок

Показник	Значення показника
тип сировини	стебла, гілки, відходи
Потужність електродвигуна	2,2 кВт.
Частота обертання різального диска	1480 об/хв.
діаметр різального диска	340 мм.
кількість ножів	3 шт.
вага подрібнювача (без двигуна):	55 кг.
Продуктивність подрібнювача	34...54 кг/год

- якісний підшипниковий вузол для надійної і довговічної роботи;
- спеціальне кріплення для збирання подрібненого матеріалу відразу у мішок;
- пасова передача;
- швидко знімний кожух для зручності обслуговування.

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 деревини.

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 експериментальних досліджень є визначення оптимальних енергозберігаючих режимів роботи малогабаритного подрібнювача гілок.

Кут різання (кут встановлення завантажувального лотка) гілок є суттєвою характеристикою, що має вплив на якість подрібненого матеріалу та енергоспоживання при виконанні технологічного процесу його подрібнення. Теоретичні дослідження цього процесу свідчать, що енергоспоживання процесу подрібнення гілок можна зменшити за рахунок зміни кута різання та за оптимальної величини виступів ножів.

До програми експериментальних досліджень, було включено:

- значення впливу найбільш значимих конструктивних параметрів для виконання технологічного процесу подрібнення гілок;
- перевірку роботи малогабаритного подрібнювача гілок на відповідність якості за оптимальних параметрів і режимів налаштування;

Для виконання цієї програми експериментальних досліджень необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити режимні, конструктивні та енергетичні показники роботи експериментального подрібнювача гілок за допомогою досліджень;
- провести експерименти відповідно до методики їх планування, та опрацювати результати досліджень.

Розробка методики експериментальних досліджень проводилася відповідно до ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24056-88, ГОСТ 24057-88, РД.10.8.5.[16]. Експериментальні дослідження розбиті на декілька етапів.

Перший етап: модернізовано малогабаритний подрібнювач гілок.

Другий етап: визначення оптимальних режимів роботи подрібнювача.

Третій етап досліджень включав:

- перевірку працездатності малогабаритного подрібнювача гілок;
- визначення впливу режимних та конструктивних параметрів та виділення найбільш значимих для виконання технологічного процесу подрібнення гілок.

Досліди були виконані згідно розробленої методики 3-х факторного експерименту. Щоб провести дослідження потрібно було модернізувати експериментальний малогабаритний подрібнювач гілок.

2.2. Методика проведення експериментальних досліджень

Методика проведення лабораторних досліджень з визначення оптимальних енергозберігаючих режимів роботи малогабаритного подрібнювача гілок.

Дослідження енергозберігаючих режимів роботи малогабаритного подрібнювача гілок проводились для експериментальної перевірки результатів, які отримали при теоретичному обґрунтуванні їх раціональних параметрів та підтвердження гіпотези про позитивний вплив кута різання (кут подачі матеріалу) та величини виступу ножа на енергетичні показники подрібнення гілок [17, 18].

При проведенні досліджень використовувалися методи математичного планування експерименту. Досліджувалися залежності споживання електроенергії від кута різання та величини виступу ножа. Представимо усі етапи проведення багатofакторного експерименту при дослідженні енергозберігаючих режимів роботи малогабаритного подрібнювача гілок. Увесь процес роботи подрібнювача гілок представимо у виді «чорної скриньки» (рис. 2.1) [17, 18].

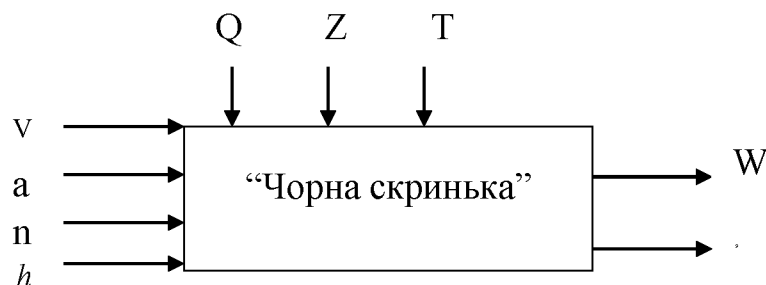


Рисунок 2.1. – Кібернетична модель процесу роботи малогабаритного подрібнювача гілок

1. Вибираємо ціль, параметри оптимізації та незалежні фактори.

При проведенні багатофакторного експерименту ставимо інтерполяційну задачу – коли потрібно встановити лише існуючий зв'язок між параметром оптимізації та факторами.

На технологічний процес подрібнення гілок деревини впливають наступні незалежні параметри (фактори);

V - поступальна швидкість обертання диска;

a - кут різання (кут подачі гілок деревини);

n - частота обертання різального диска;

h - величина виступу ножа.

На технологічний процес впливають також нерегульовані фактори:

Q - вологість гілок;

T - щільність гілок;

Z - конфігурація гілок та ін..

Вихідними параметрами або параметрами оптимізації при подрібненні гілок є:

а) W - питоме споживання електроенергії, кН;

б) R - ступінь рівномірності подрібнення гілок, %.

Таким чином, на процес подрібнення гілок впливають багато факторів. У плануванні експерименту враховуємо лише незалежні фактори. А для того, щоб виключити вплив нерегульованих факторів, досліди рандомізуємо.

Кількість параметрів оптимізації зводимо до одного (питоме споживання електроенергії W), а параметр R є обмежувальним.

Кількість незалежних факторів також зводимо до мінімуму, для спрощення експерименту, використовуючи для цього методи відсіювання менш важливих факторів (формалізація апріорій інформації).

2. Збір та аналіз апріорій інформації про технологічний процес подрібнення гілок.

Встановлено, що на питоме споживання електроенергії малогабаритного подрібнювача найбільше впливають два фактори: a - кут різання та h - величина виступу ножа.

3. Вибір математичної моделі. Коли не відомий механізм протікання процесу в «чорній скриньці» аналітичне вираження функції відгуку також не відоме. Тому описуємо функцію відгуку рівнянням регресії вигляду [18]:

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

де x_i та x_j – кодоване значення факторів;

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

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

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

З двома факторами $x_1 = a$ та $x_2 = h$ рівняння регресії набуде вигляду:

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

Коефіцієнти рівняння регресії розраховуємо за результатами експерименту. Величина коефіцієнтів регресії та знак \pm характеризують даний фактор, його вплив на параметр оптимізації.

4. Складаємо схему проведення досліджень.

При плануванні використовуємо метод повного факторного експерименту (ПФЕ) [17, 18]. Побудова плану ПФЕ. Приймаємо два рівні варіювання факторів і позначаємо їх: «+ 1» та «- 1» (таблиця 2.1.)

Таблиця 2.1. – Досліджувані фактори в дійсних значеннях

Рівні	Досліджувані фактори	
	Кут різання a , градусів	Величини виступу ножа h , м
Кодове позначення	X_1	X_2
Верхній $x_i = +1$	60	0,025
Нижній $x_i = -1$	30	0,005
Основний $x_i = 0$	45	0,015
Крок варіювання Δx_i	15	0,010

Комбінації умов експерименту визначаються за допомогою показової функції $N = 3^n$, де n - кількість факторів [18]. 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	
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 рандомізувати (увести випадковість та послідовність їх виконання).

2-й стовпчик являє собою «фіктивну», змінну X_0 ;

3 та 4-й стовпчики утворюють, відповідно, планування;

5-й вказує на можливість взаємодії факторів X_1 та X_2 ;

В 6-8 стовпчики заносимо результати дослідів по кожній повторюваності.

Кількість повторюваностей приймаємо 3 (кількість повторювань визначаємо з урахуванням потрібної надійності дослідів). В останній стовпчик записуємо середнє значення повторюваностей дослідів.

5. Проведення експерименту.

У відповідності до складеної робочої матриці (з урахуванням рандомізації дослідів) виконуємо дослідів в 3-х кратному повторенні. Значення параметра оптимізації ($W = Y$ - питоме споживання електроенергії), отриманий при кожному досліді записуємо в робочу матрицю.

6. Обробка результатів дослідження з використанням 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:

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

7. Виконуємо перевірку відтворюваності дослідів, оцінку значимості коефіцієнтів регресії, а також перевіряємо адекватність лінійної моделі за відомими методиками [19].

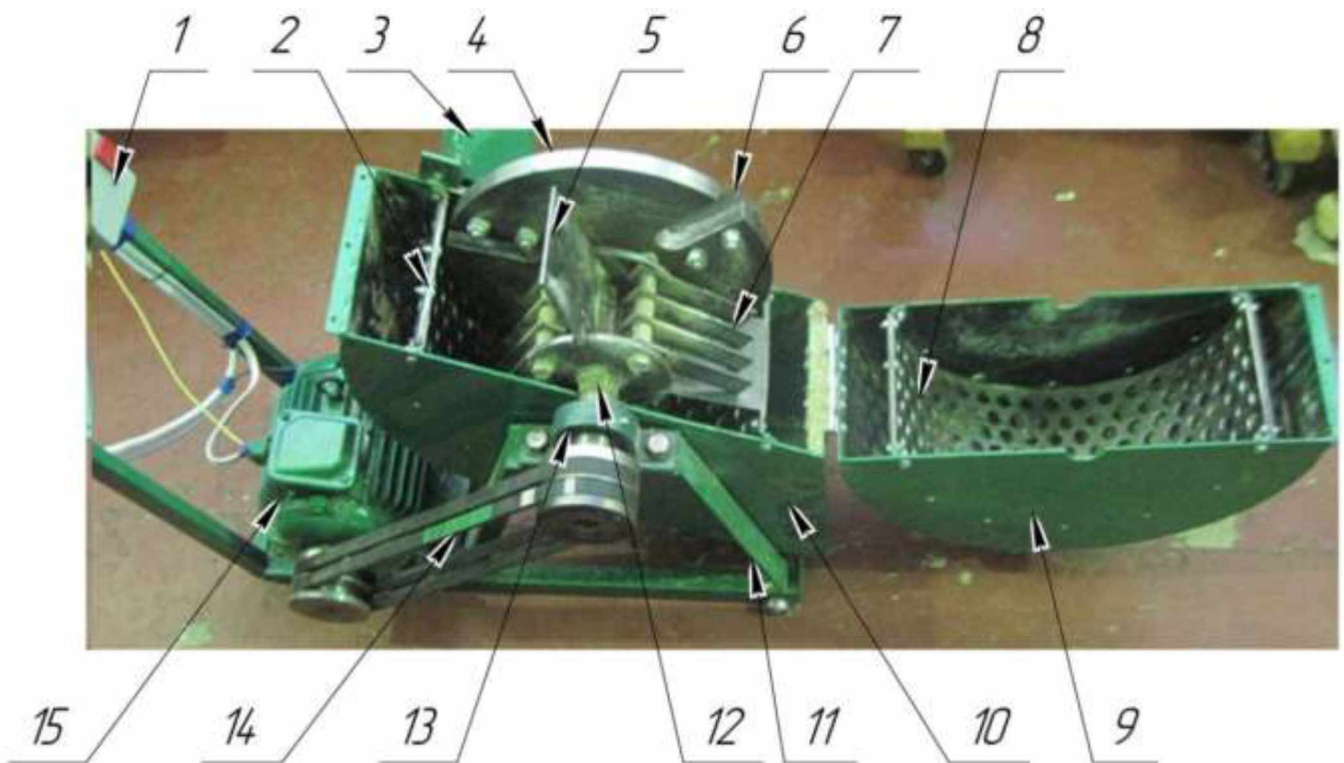
2.3. Методика планування експерименту

При дослідженні режимів роботи подрібнювача гілок стоїть мета: методом моделювання подрібнення гілок, визначити зміни споживання енергії малогабаритного подрібнювача, залежно від кута різання та величини виступу ножів.

Дослідження проводяться на модернізованому та запатентованому малогабаритному подрібнювачі гілок, науковцями кафедри інженерно-технологічного факультету «Технології та засоби механізації аграрного виробництва» Полтавської державної аграрної академії [15]. Під час проведення досліджень використовували методику планування багатofакторного експерименту.

Фото малогабаритного подрібнювача гілок представлена на рисунку 2.2. [15].

Загальний вид машини показано на рисунку 2.2.



1 – пульт керування; 2 – планка кріплення решета; 3 – завантажувальний бункер; 4 – диск кріплення ножів; 5 – лопаті вентилятора; 6 – різальний ніж; 7 – до подрібнюючі 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

Підготовка малогабаритного подрібнювача гілок до роботи включає наступні операції:

1. Перший етап – підготовка гілок до подрібнення:

- діаметр гілки не більше 30 мм;
- відсутність металевих включень;
- вологість в межах від 12 до 100%;
- довжина (враховуючи техніку безпеки) не перевищувала 1,5 м.

2. Другий етап – підготовки малогабаритного подрібнювача гілок включає:

- перевіряємо кріплення вузлів подрібнювача, його комплектність та технічний стан;
- особливу увагу приділяємо правильності встановлення ножів 6 на дискові 4 (за напрямком обертання диску 4);
- перевіряємо надійність кріплення та правильність встановлення решета 8 у верхньому 9 і нижньому 10 кожусі;
- 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.

3. Третій етап включає:

- використовуємо індивідуальні засоби захисту (гумове взуття, каска, окуляри, звукозахисні навушники);
- перевіряємо наявності захисних кожухів на клинопасовій передачі.

Малогабаритний подрібнювач для виготовлення паливного матеріалу, працює таким чином див. рис.2.2. Вмикаємо подрібнювач гілок, даємо час на розгін диску з ножами, беремо гілку та подаємо у завантажувальний бункер 3 ніж 6 від'єднує частину деревини еліптичної форми, яка у подальшому до подрібнюється молотками 7. Крильчатка 5 забезпечує рух по колу у напрямку обертання подрібнених частинок різного розміру. Решето 8 слугує сепарувальним елементом машини для отримання необхідної фракції паливного матеріалу. Завдяки повітряному потоку, частинка вилітає через вивантажувальний отвір.

Під час проведення досліджень, на першому етапі визначали – питоме споживання електроенергії малогабаритного подрібнювача гілок. На другому етапі – встановлювали залежність, між кутом різання (кут завантаження гілок) від величини виступу ножів.

Необхідна кількість повторів визначалась за рекомендаціями Доспехова Б.А. [18], експеримент повторно проводився 5 разів.

2.4. Методика визначення кута різання

Для визначення кута різання застосовуємо обладнання див. рис.2.3.:



1 – транспортер; 2 – штангель циркуль; 3 – звичайну лінійку; 4 – простий;
5 – олівець; 6 – ватман.

Рисунок 2.3. – Обладнання для визначення кута різання гілок

Для зміни кута різання змінювали кут нахилу завантажувального бункера і перевіряли дослідні зразки косоного зрізу в процесі різання (див. рис. 2.4.)



Рисунок 2.4. – Частина гілки з різними кутами

Для отримання даних ми обирали гілку розташовували на ватмані. Брали лінійку та простий олівець і проводили лінію нахилу зрізу гілки, потім брали транспортир і вимірювали кут нахилу зрізу гілки до різальних ножів малогабаритного подрібнювача гілок (див. рис. 2.5.).



а)

б)

а) – лінія нахилу заготовки; б) – транспортир для вимірювання кута нахилу;

Рисунок 2.5. – Вимірювання кута різання гілки

Приймали повторюваність 20 разів та визначали середнє значення кута різання

$$a = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}, \quad (2.6)$$

$a_1, a_2 \dots a_n$ – значення вимірених кутів врізання, град;

n – кількість вимірювань, шт.

За допомогою формул визначили оптимальний кут різання гілки [20].

2.5 Методика вимірювання значення величини виступу ножів

При проведенні досліджень використана наступна методика вимірювання значення величини виступу ножів від поверхні диску.

1. Вимірювання величини виступу ножа від поверхні диску визначалась в сантиметрах за допомогою штангенциркуля ШЦ-1-125 0,1 ГОСТ 16689 [21], (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Визначення величини виступу ножа від поверхні диску

На поверхню ножа (в поперечній площині), перпендикулярно до його кріплення на диску встановлювали штангенциркуль п'ятковою частиною на лезо ножа і висували глибиномір до дотику з поверхнею диска.

Вимірювання проводили в десяти місцях по довжині ножа.

Приймали повторність 5 разів та визначали середнє значення величини виступу ножа від поверхні диску h_{cp} [20].

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n}, \text{ м}, \quad (2.7)$$

де h_1, h_2, h_n – фактичні результати вимірювань значення величини виступу ножа від поверхні диску, м;

n – кількість вимірювань.

2.6 Методика вимірювання споживання електроенергії

Для визначення спожитої електроенергії при роботі малогабаритного подрібнювача гілок використовували кліщі для визначення напруги див. рис. 2.7.



Рисунок 2.7. – Фото вимірювання напруги кліщами

Перед початком вимірювань необхідно перевірити вплив сторонніх джерел напруги і створюваних перешкод на точність вимірювання приладом. Щоб виконати вище згадану перевірку кліщі встановлюємо в положення вимірювання змінної напруги, щільно замикаємо рухомі елементи магнітопроводу і спостерігаємо нульові показники напруги на дисплеї.

Після виконаної перевірки та налаштувань приладу розпочинаємо вимірювання напруги: встановлюємо перемикач режимів у відповідне положення та розташовуємо силовий провід у просторі між замкнутими рухомими елементами магнітопроводу приладу. Числові значення вимірюваної напруги автоматично висвітлюються на дисплеї. Напруга, що проходить по проводі створює у магнітопроводі магнітний потік, який і перетворюється кліщами у показник відліку.

Оскільки прямого способу вимірювання спожитої електроенергії з використанням кліщів за певний час роботи подрібнювача гілок немає, тому скористаємося змішаним способом. Суть способу в наступному за допомогою вимірювальних кліщів визначаємо напругу вище наведеним методом за 1 хв. А потім змінивши налаштування визначимо за допомогою кліщів силу струму також за час 1 хв. Значення потужності визначаємо добутком значень напруги та сили струму.

Отримане значення розділимо на встановлений час вимірювань, отримаємо розрахункове значення спожитої електроенергії за період часу, див формули нижче.

$$P = U \cdot I, \text{кВт}, \quad (2.8)$$

де P – потужність, що витрачається на подрібнення гілок, кВт;

U – напруга, В;

I – сила струму, А.

$$W = \frac{P}{t}, \text{кВт/год}, \quad (2.9)$$

де W – спожита електроенергія на подрібнення гілок, кВт/год;

P – потужність, що витрачається на подрібнення гілок, кВт;

t – час роботи малогабаритного подрібнювача гілок, год.

Середнє значення споживання електроенергії визначаємо за формулою [20]:

$$W = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_n}{n}, \quad (2.10)$$

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

n – кількість вимірювань, шт.

2.7 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 досліджень

Отримані значення за результатами досліджень енергозберігаючих режимів роботи подрібнювача гілок дають можливість стверджувати, що подрібнювач гілок працюватиме з найменшим споживанням електроенергії при умовах встановлення: кута різання в межах $\alpha = 30^{\circ}00' \dots 41^{\circ}25'$, величини виступу в межах $h = 0,005 \dots 0,011 \text{ м}$. В результаті досліджень пошуку значень оптимальних параметрів (кута різання та величини виступу) та їх впливу на споживання електроенергії при роботі 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		
	$j = 0$	$j = 1$	$j = 2$							
i	X_0	X_1	X_2	y'_{ei}	y''_{ei}	y'''_{ei}	y_{ei}	y'_{pi}	$y_{ei} - y'_{pi}$	$\Delta\%$
1	+1	-1	-1	1,29	1,32	1,28	1,30	1,29	0,01	0,77
2	+1	0	-1	1,36	1,38	1,40	1,38	1,39	0,01	0,72
3	+1	+1	-1	1,66	1,62	1,67	1,65	1,63	0,02	1,21
4	+1	-1	0	1,42	1,44	1,40	1,42	1,42	0	0
5	+1	0	0	1,60	1,60	1,57	1,59	1,62	0,03	1,85
6	+1	+1	0	1,97	1,94	1,94	1,95	1,94	0,01	0,51
7	+1	-1	+1	2,10	1,89	2,01	2,00	1,99	0,01	0,50
8	+1	0	+1	2,20	2,21	2,22	2,21	2,18	0,03	1,36
9	+1	+1	+1	3,01	3,00	2,99	3,00	3,02	0,02	0,67

Для визначення споживання електроенергії малогабаритним подрібнювачем гілок рівняння в кодованій формі матиме вигляд:

$$y = 1,5467 + 0,3138 \cdot X_1 + 0,4800 \cdot X_2 + 0,1600 \cdot X_1^2 + 0,1625 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,2700 \cdot X_2^2, \quad (3.1)$$

де X_1 – параметр кута різання (кут подачі гілок у завантажувальний лоток) в

кодованій формі, $X_1 = \frac{\alpha - 45}{15}$;

X_2 – параметр величини виступу ножів в кодованій формі, $X_2 = \frac{h-0,015}{0,01}$.

Отримані рівняння досліджувались за допомогою програмного пакету Statistika [22]. Графічна інтерпретація та рівні регресії залежності споживання електроенергії подрібнювача гілок від кута різання та значення виступу ножів (рис. 4.1, 4.2).

$$Y=1,5467+0,3138X_1+0,4800X_2+0,1600X_1^2+0,1625X_1X_2+0,2700X_2^2$$

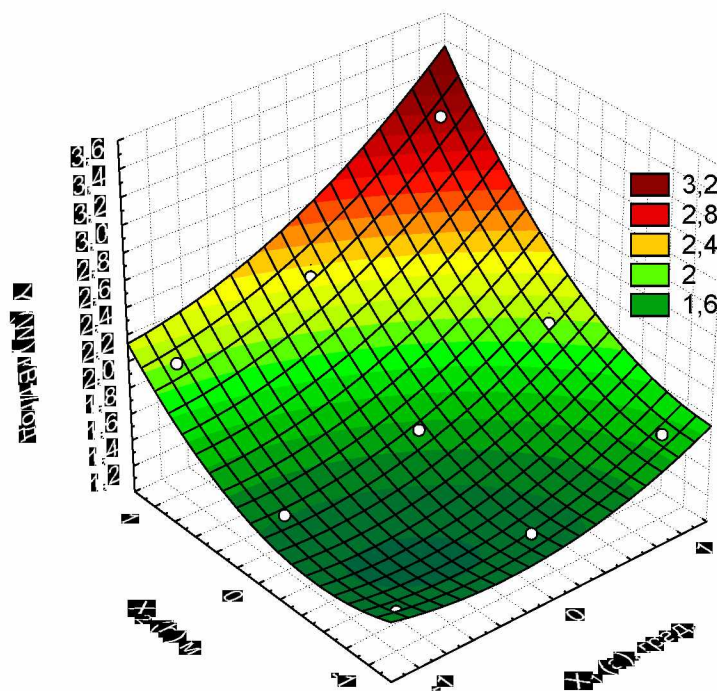


Рисунок 3.1. – Графічна інтерпретація залежності споживання електроенергії подрібнювача гілок $Y(W)$ від кута різання $X_1(a)$ та величини виступу ножа $X_2(h)$.

Як видно із рис 3.1, кут різання (параметр $X_1(a)$) має значний вплив на споживання електроенергії малогабаритним подрібнювачем гілок. Із збільшенням кута різання енергоспоживання процесу подрібнення збільшується. Із збільшенням величини виступу ножа (параметр $X_2(h)$) на дисковій подрібнювача, споживання електроенергії теж збільшується.

$$Y=1,5467+0,3138X_1+0,4800X_2+0,1600X_1^2+0,1625X_1X_2+0,2700X_2^2$$

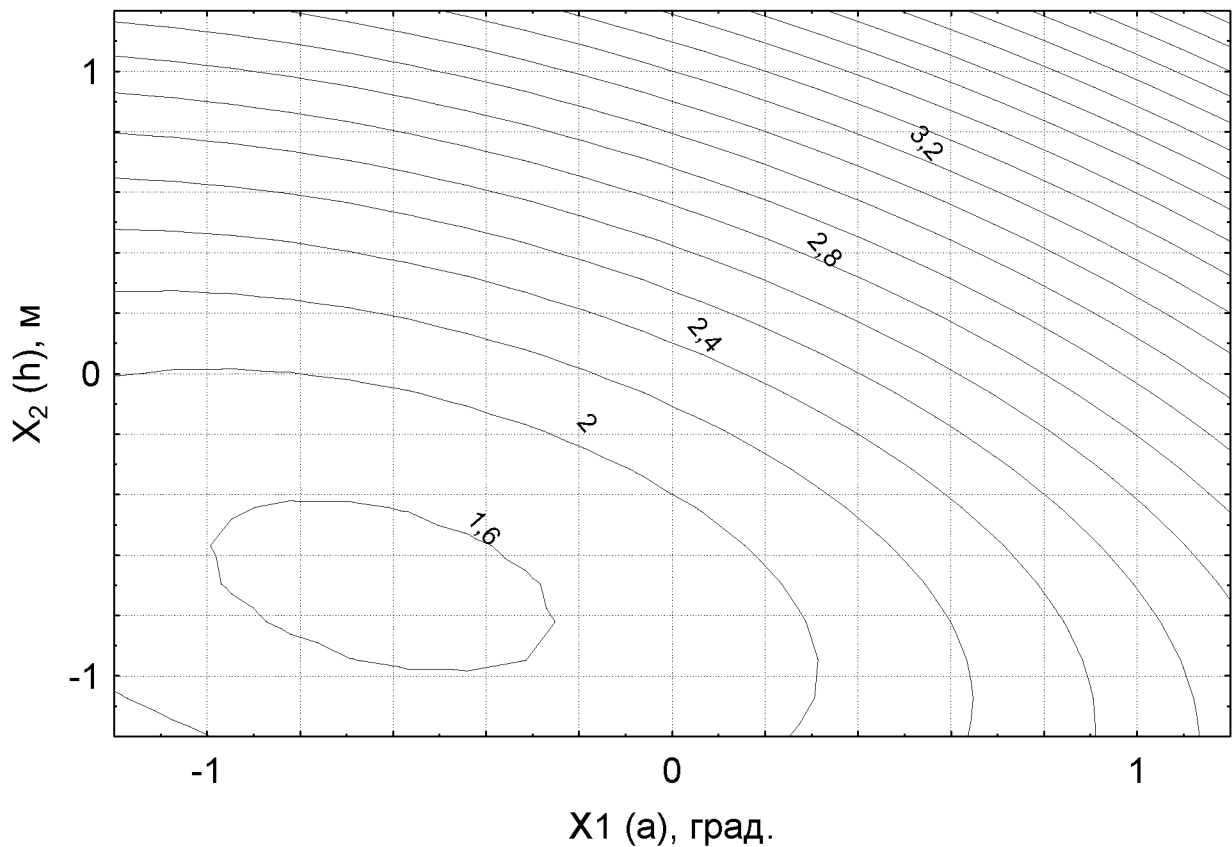


Рисунок 3.2. Рівні регресії споживання електроенергії подрібнювача гілок

Після переходу від кодованих позначень параметрів до натуральних, рівняння регресії набуло вигляду:

$$W = 0,3138 \cdot \alpha - 0,6167 \cdot h + 0,0244 \alpha \cdot h + 0,1600 \cdot \alpha^2 + 0,2700 \cdot h^2 - 283,35, \quad (3.2)$$

де α – кут різання (кут подачі гілок у завантажувальний лоток), $\alpha = 15 \cdot X_1 + 45$;

h – величини виступу ножів, $h = 0,01 \cdot X_2 + 0,015$.

Отримані рівняння досліджувались за допомогою програмного пакету Mathcad.

В результаті опрацювання графіка поверхні рівня регресії та карти ліній рівня регресії отримали, що при $\alpha = 30^{\circ}00'..41^{\circ}25'$, і $h = 0,005..0,011\text{м}$, енергоспоживання малогабаритного подрібнювача гілок буде оптимальним та становитиме $W = 1,29..1,83\text{кВт/год}$.

3.2 Результати визначення кута різання

Дослідження з використанням малогабаритного подрібнювача гілок проводилися в лабораторних умовах з використанням гілок деревини породи сосна різної вологості. Результати вимірювань кута різання стебла гілки деревини представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати визначення кута різання стебла гілок.

№ дослідю		α	$\bar{\alpha}_i$	$\bar{\alpha}_i - \alpha$	σ	Δ
№	№	%	%	%	%	%
1	1	30,27	30,05	0,22	0,24	1,36
	2	30,35		0,30		
	3	29,86		0,19		
	4	30,13		0,08		
	5	29,64		0,41		
2	1	44,95	45,08	0,13	0,24	0,11
	2	45,12		0,04		
	3	44,80		0,28		
	4	45,25		0,17		
	5	45,28		0,20		
3	1	60,45	60,20	0,25	0,33	0,21
	2	59,89		0,31		
	3	59,69		0,51		
	4	60,58		0,38		
	5	60,39		0,19		

Отже раціональним параметром налаштування малогабаритного подрібнювача гілок, слід вважати кут різання $\alpha = 35^{\circ}42'30''$, при щільності деревини $\rho = 490 \text{ кг/м}^3$, що відповідає вологості деревини (досліджувана порода сосна) на рівні $w = 34,5\%$, (див табл. 3.3.)

Таблиця 3.3. – щільність досліджуваної породи сосна різної вологості (кг/м^3).

Порода дерева	Відсоток вологості, %										
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	100	Свіж.*
Сосна	440	450	460	480	510	550	580	620	660	730	760

* – свіжоспиляна

Як свідчать результати досліджень вологість деревини впливає на силу різання. Зі збільшенням вологості сила різання зменшується (див рис. 3.3.).

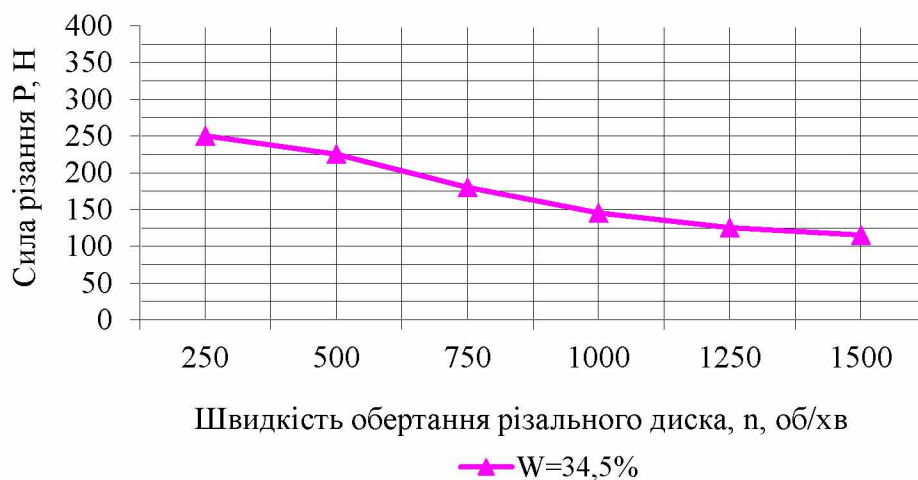


Рисунок 3.3. – Залежність сили різання від швидкості обертання різального диска при вологості деревини $w = 34,5\%$

Результати досліджень підтвердили припущення про те, що найоптимальніша вологість гілок деревини для подрібнення (порода деревини сосна) 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. 3.3. Отже, рекомендовано подрібнювати гілки деревини породи сосна при оптимальній вологості $w = 34,5\%$. За умови робочої частоти обертання різального диска на рівні $n = 1500 \text{ об/хв}$.

3.3 Результати вимірювання значення величини виступу ножів

У відповідності до методики представленої в розділі 2, в ході досліджень змінювали відстань виступу різальних ножів у відповідності до плану експерименту. Результати вимірювань представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. – Результати визначення величини виступу ножів подрібнювача.

№ дослідю		h	\bar{h}_i	$\bar{h}_i - h$	σ	Δ
№	№	m	m	%	%	%
1	1	0,003	0,0050	0,0020	0,0012	1,42
	2	0,007		0,0020		
	3	0,006		0,0010		
	4	0,005		0		
	5	0,004		0,0010		
2	1	0,014	0,0150	0,0010	0,0012	1,53
	2	0,015		0		
	3	0,016		0,0010		
	4	0,013		0,0020		
	5	0,017		0,0020		
3	1	0,028	0,0252	0,0028	0,0014	2,52
	2	0,026		0,0008		
	3	0,024		0,0012		
	4	0,025		0,0002		
	5	0,023		0,0022		

Отже, дані таблиці 3.4. свідчать про те, що величини виступу різальних ножів суттєво впливає на процес різання гілок деревини див. рис. 3.4.

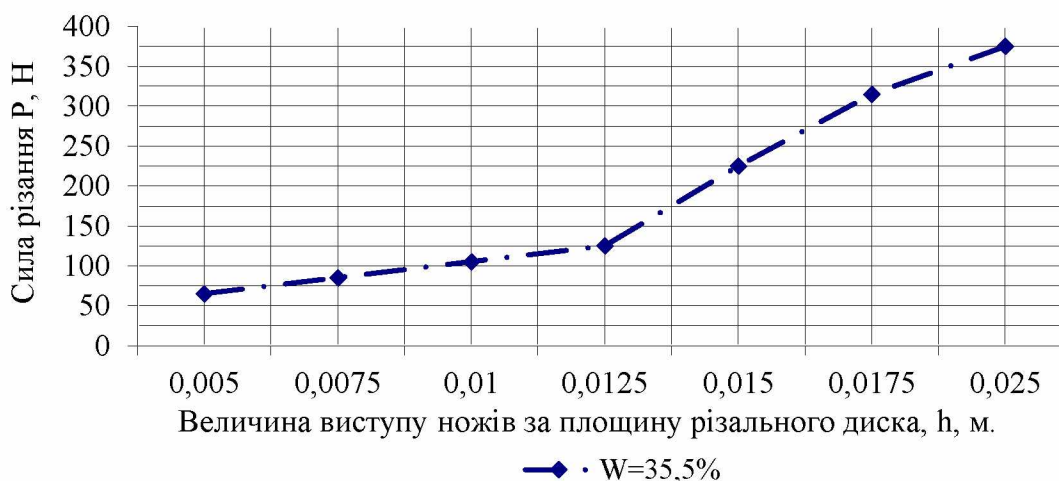


Рисунок 3.4. – Графік залежності сили різання від величини виступу ножів за площину диска, при вологості гілок деревини $w = 34,5\%$

Оскільки зі зменшенням величини виступу ножів технологічний процес різання покращується, але разом з тим продуктивність подрібнювача зменшується.

При цьому різко знижується інтенсивність само затягування гілок у прийомний лоток, що також призводить до підвищення трудозатрат на подрібнення гілок.

Отже, за оптимальних режимів налаштування малогабаритного подрібнювача гілок, а саме встановлення виступу ножів за площину диска на рівні $h = 0,008\text{ м}$ і підтримування частоти обертання різального диска $n = 1500\text{ об/хв}$ сила різання становитиме оптимальне значення $P = 95\text{ Н}$ див. рис. 3.4. Отже, рекомендовано подрібнювати гілки деревини породи сосна при оптимальній вологості $w = 34,5\%$. За умови встановлення виступу ножів за площину диска близько $h = 0,008\text{ м}$.

3.4 Результати якісних показників отриманого подрібненого матеріалу

Метою аналізу є перевірка відповідності якості виконання подрібнення гілок деревини за допомогою малогабаритного подрібнювача. Якість подрібнення гілок деревини малогабаритним подрібнювачем за оптимальних режимів налаштувань, оцінювали за таким показником, як гранулометричний склад.

Результати розподілу фракції подрібненого матеріалу в залежності від проведеного дослідження на рисунках 3.5.

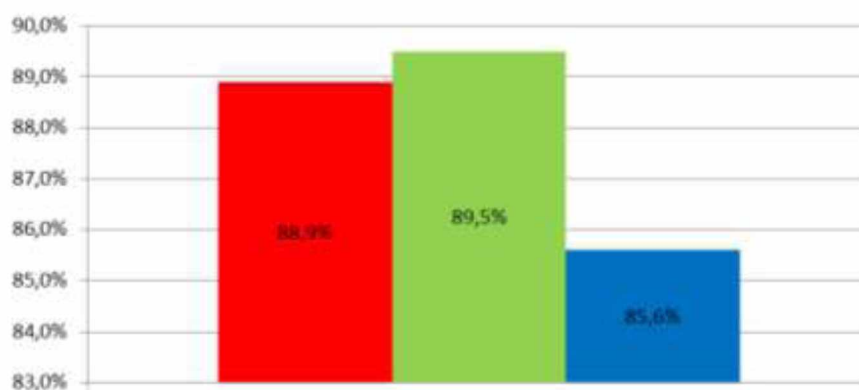


Рисунок 3.5. – Гістограма гранулометричного складу подрібнених гілок основна фракція 3,15...67,5 мм. (кожен стовпець відповідає номеру дослідження)

Аналізуючи опрацьовані результати гранулометричного складу подрібнення гілок потрібно відмітити найвищий відсоток фракції становить 89,5% при подрібненні гілок деревини з встановленими режимами роботи, а саме кут різання в

межах $\alpha = 30^{\circ}00' \dots 41^{\circ}25'$, а величина виступу ножів за площину диска $h = 0,005 \dots 0,011 \text{ м}$, при цих налаштуваннях енергоспоживання малогабаритного подрібнювача гілок буде оптимальним та становитиме $W = 1,29 \dots 1,83 \text{ кВт/год}$.

Якість подрібнення гілок залежить від розміру та вологості. Розміри подрібнених частинок важливі з точки зору її подальшого використання та транспортування механічними пристроями в котлах. Якщо партія подрібненого матеріалу є неоднорідною, то є ймовірність блокування транспортуючого шнеку. Наприклад, подрібнений матеріал, який містить великі подрібнені частинки може заблокувати шнековий конвеєр.

3.5 Висновок за розділом 3

1. Результати експериментальних досліджень підтвердили запропоновану гіпотезу про позитивний вплив на зниження енергоспоживання кута різання та величини виступу ножів від площини диску.

2. Дослідженнями доведена адекватність теоретичної моделі взаємодії кута різання малогабаритного подрібнювача гілок і величини виступу ножів, для отримання подрібненого матеріалу за найнижчих енергозатрат. Встановлено, що в умовах експериментального малогабаритного подрібнювача, щоб досягти мінімального енергоспоживання в межах від $W = 1,29 \dots 1,83 \text{ кВт/год}$ при наступних параметрах: оптимального кута різання в межах $\alpha = 30^{\circ}00' \dots 41^{\circ}25'$, а показник виступу ножів за площину диска повинен мати значення в діапазоні $h = 0,005 \dots 0,011 \text{ м}$.

3. Встановлено, що середня довжина частинки подрібнених гілок деревини, що задовольняє технічні вимоги роботи котлів, в загальній вазі подрібненого матеріалу становить близько 87% розміром по довжині від 3,15 мм до 67,5 мм. Отже, подрібнений матеріал можна віднести за стандартом класифікації до класу P100 CEN/TS 14961:2005.

4. Рекомендовано подрібнювати гілки із вологістю $w = 34,5\%$, оскільки цей показник безпосередньо впливає на споживання електроенергії машини.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Екологічна експертиза

Екологічна експертиза – це вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян. Вона ґрунтується на міжгалузевих екологічних дослідженнях, аналізах та оцінці перед проектних, та інших об'єктів та матеріалів, реалізація та дія яких може впливати негативно або впливає на стан навколишнього середовища та здоров'я людей.

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

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

Мета екологічної експертизи – запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на природне середовище та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях та об'єктах.

Проведення екологічної експертизи передбачено Законами України «Про охорону навколишнього природного середовища» (від 25.06.1991 р.), і «Про екологічну експертизу» (Закон 2059-VIII (2059-19) від 23.05.2017, ВВР, 2017, 29, ст.315.) Закон передбачає (розділ 6, стаття 26, 27) обов'язкове проведення екологічної експертизи у процесі господарської, управлінської і іншої діяльності, що впливає на стан природного оточуючого середовища та проекти на будівництво, реконструкцію виробництв та об'єктів, що можуть мати негативний вплив на оточуюче середовище. [23].

Проведення екологічної експертизи діяльності сільськогосподарських комплексів базується на основі вимог «Водного» та «Земельного» кодексів України (від 6.06.95 р. та 13.03.92 р. відповідно), «Основ земельного законодавства», «Основ водного законодавства», Закону «Про охорону атмосферного повітря» (від 16.10.1992 р.) і т. д. [23].

Екологічна експертиза переслідує такі цілі:

- попередження можливих негативних впливів планових, проектованих і функціонуючих об'єктів в процесі їх реалізації;
- підтримання природної динамічної рівноваги і сприятливого стану навколишнього середовища.

У процесі проведення експертизи детально і різнобічно вивчають екологічний зміст проектів, шляхом аналізу, синтезу, порівняння, спостереження, описання при суворому дотриманні вимог існуючого законодавства.

Сільськогосподарське виробництво має безліч негативних впливів на навколишнє середовище. Від того як будуть виконуватися природоохоронні заходи на конкретних підприємствах, у конкретних господарствах залежить стан навколишнього середовища, розвиток і життєдіяльність нинішнього і наступного поколінь.

Оскільки дослідно-виробнича перевірка результатів роботи проводилися в умовах ТОВ «Баришівська зернова компанія» Черкаської області Драбівського району.

Згідно санітарної класифікації «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» деревопереробні приміщення відноситься до підприємств 4 класу з СЗЗ100 м. Відстань до найближчої забудови складає 1000 м, отже СЗЗ витримана.

На підприємстві існує декілька джерел викидів забруднюючих речовин.

Найбільша кількість точок викиду ЗР є така:

- котельня, працююча на природному газі та на відходах виробництва;

При роботі котельні, яка здійснює опалення адміністративного корпусу, цехів, дільниць підприємства, в атмосферу викидаються: нітроген (IV) оксид, карбон (II)

оксид, нітроген (I) оксид, карбон (IV) оксид, меркурій, метан. (дж. б).

Для покращення екологічного стану приватного підприємства передбачили:

1. Обладнати приладами та обладнанням для очистки викидів в атмосферу, а також засобами контролю кількості та складу забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферу.

2. Очищення проводити спеціальними газоочисними установками, що складаються з одного або декількох газоочисних апаратів, комунікацій та допоміжного обладнання, що служить для виділення із вихідних газів вентиляційного повітря та шкідливих домішок.

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

Перераховані основні заходи з покращення екологічного стану дозволять зменшити вплив шкідливих факторів на оточуюче середовище.

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

4.2. Охорона праці

Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі в умовах сільськогосподарського виробництва, є важливим завданням, вирішення якого створить та забезпечить безпечні умови праці працівникам сільського господарства [24].

Для вирішення цього завдання передбачаються наступні заходи:

- поліпшення умов праці;
- оздоровлення умов праці;
- впровадження сучасних засобів безпеки;
- усунення причин, які призводять до травматизму;
- створення санітарно-побутових та необхідних гігієнічних умов на виробництві.

Технічний вимоги та регламент безпеки під час роботи з машинами в умовах особистої присадибної ділянки

1. Загальні вимоги охорони праці

1.1. Ця інструкція з охорони праці передбачає основні вимоги безпеки при роботі на електричному подрібнювачі гілок.

1.2. До самостійної роботи на електричному подрібнювачі гілок допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, що пройшли вступний та первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці, навчені безпечним методам і прийомам роботи, які пройшли стажування на робочому місці і перевірку знань вимог охорони праці, а також навчання правилам пожежної безпеки та перевірку знань правил пожежної безпеки в обсязі посадових обов'язків; навчання правилам електробезпеки і перевірку знань правил електробезпеки в обсязі посадових обов'язків з присвоєнням групи допуску не нижче II.

1.3. При роботі на електричному подрібнювачі гілок працівник зобов'язаний:

- знати і дотримуватися вимог цієї інструкції, правила і норми охорони праці та виробничої санітарії, правила і норми з охорони навколишнього середовища, правила внутрішнього трудового розпорядку;

- дотримуватися правил поведінки на території підприємства, у виробничих, допоміжних і побутових приміщеннях;

- дбати про особисту безпеку і особисте здоров'я;

- виконувати вимоги пожежо- та вибухобезпеки, знати сигнали оповіщення про пожежу, порядок дій при ньому, місця розташування засобів пожежогасіння та вміти користуватися ними;

- знати місце розташування аптечки і вміти надавати першу допомогу потерпілому;

- знати порядок дій у разі виникнення надзвичайних подій;

- знати правила і технологію роботи на електричному подрібнювачі гілок;

- знати вимоги, що пред'являються до якості виконуваних робіт, до раціональної організації праці на робочому місці;

- знати призначення засобів індивідуального захисту, вміти ними користуватися;

- знати дію на людину небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають під час роботи, і заходи захисту від їх впливу.

1.4. При роботі на електричному подрібнювачі гілок працівник повинен проходити:

- повторний інструктаж з охорони праці на робочому місці не рідше 1 разу на 6 місяців;

- періодичний медичний огляд відповідно до чинного законодавства України;

- чергову перевірку знань вимог охорони праці не рідше 1 разу на рік.

1.5. Позаплановий інструктаж з охорони праці проводиться безпосереднім керівником:

- при введенні в дію нових або зміні законодавчих та інших нормативних правових актів, що містять вимоги охорони праці, а також інструкцій з охорони праці;

- при зміні технологічних процесів, заміні або модернізації обладнання та інших факторів, що впливають на безпеку праці;

- при порушенні вимог охорони праці, якщо ці порушення створили реальну загрозу настання тяжких наслідків (нещасний випадок на виробництві, аварія і т. п.);

- на вимогу посадових осіб органів державного нагляду і контролю;

- при перервах в роботі більш ніж на 60 календарних днів (для робіт, до яких пред'являються підвищені вимоги безпеки - 30 календарних днів);

- за рішенням роботодавця або уповноваженої ним особи.

1.6. Працівник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, яка доручена безпосереднім керівником робіт. Не допускається доручати свою роботу іншим працівникам і допускати на робоче місце сторонніх осіб.

1.7. Під час роботи бути уважним, не відволікатися на сторонні справи і розмови та не відволікати інших працівників.

1.8. При роботі спільно з іншими працівниками необхідно погоджувати свої взаємні дії.

1.9. При роботі на електричному подрібнювачі гілок працівник повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту відповідно до діючих норм видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), розробленими на підставі міжгалузевих і галузевих правил забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

1.10. Видані спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші ЗІЗ повинні відповідати характеру і умовам роботи, забезпечувати безпеку праці, мати сертифікат відповідності або декларацію.

1.11. Засоби індивідуального захисту, на які немає технічної документації, а також із закінченим терміном придатності до застосування не допускаються.

1.12. Використовувати спецодяг та інші ЗІЗ для інших, ніж основна робота, цілей забороняється.

1.13. Особистий одяг і спецодяг необхідно зберігати окремо в шафах і вбиральні. Відносити спецодяг за межі підприємства забороняється.

1.14. В процесі роботи на працівника можливий негативний вплив таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, необгороджені, рухомі або обертові елементи, що переміщують гілки;
- гострі кромки, задирки і шорсткості на поверхні подрібнювача, оснастки, інструменту;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- шматочки деревини, вилітають з великою швидкістю під час роботи;
- підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- фізичні і нервово-психічні перевантаження;
- пожежонебезпека.

1.15. Працівник повинен знати і дотримуватися правил особистої гігієни. Приймати їжу, курити, відпочивати тільки в спеціально відведених для цього приміщеннях і місцях. Пити воду тільки зі спеціально призначених для цього установок.

1.16. Забороняється вживання спиртних напоїв та появу на роботі в нетверезому стані, в стані наркотичного або токсичного сп'яніння.

1.17. Кожен працівник зобов'язаний негайно сповіщати свого безпосереднього або керівника робіт про будь-якій ситуації, яка загрожує життю і здоров'ю людей, про кожний нещасний випадок, що трапився на виробництві, або про погіршення свого здоров'я, в тому числі про появу гострого професійного захворювання (отруєння), а також про всі помічені несправності обладнання, пристроїв.

1.18. Вимоги цієї інструкції з охорони праці є обов'язковими при роботі на електричному подрібнювачі гілок. Невиконання цих вимог розглядається як порушення трудової дисципліни і тягне за собою відповідальність згідно з чинним законодавством України.

2. Вимоги охорони праці перед початком роботи

2.1. Перевірити справність спецодягу, спецвзуття та інших ЗІЗ на відсутність зовнішніх пошкоджень. Спецодяг повинен бути відповідного розміру, чистою і не ускладнювати рухів.

2.2. Одягти спецодяг і ЗІЗ, що відповідають виконуваній роботі. Спецодяг повинен бути застебнутий, не допускаються звисаючі кінці. Волосся прибрати під головний убір. Забороняється заколювати спецодяг шпильками, голками, тримати в кишенях гострі і предмети, що б'ються.

2.3. Отримати завдання у безпосереднього керівника на виконання робіт, при необхідності пройти інструктаж.

2.4. При роботах, пов'язаних з підвищеною небезпекою, пройти цільовий інструктаж і отримати наряд-допуск.

2.5. Встановити послідовність виконання операцій.

2.6. Підібрати інвентар, інструмент і пристосування, необхідні при виконанні роботи, перевірити їх відповідність вимогам безпеки, розташувати в зручному для

роботи порядку.

2.7. Підготувати робоче місце для безпечної роботи:

- провести його огляд, прибрати всі зайві предмети, не захаращуючи при цьому проходи;
- перевірити достатність освітлення робочого місця;
- перевірити підходи до робочого місця, шляхи евакуації на відповідність вимогам охорони праці;
- перевірити наявність і справність огорожень, запобіжних пристроїв, захисних огорожень;
- перевірити наявність протипожежних засобів, аптечки;
- всі робочі місця і проходи повинні бути розчищені, а в зимовий час слизькі місця посипані противоковзним матеріалами.

2.8. Перевірити зовнішнім оглядом:

- відсутність звисають, оголених кінців електропроводки;
- надійність закриття всіх струмоведучих і пускових пристроїв обладнання;
- наявність і надійність заземлюючих з'єднань (відсутність обривів);
- наявність заземлення металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою;
- відсутність поблизу легкозаймистих речовин;
- стан підлог (відсутність вибоїн, нерівностей, ковзання).

2.9. Перед застосуванням подрібнювача гілок необхідно перевірити:

- комплектність, справність подрібнювача, в тому числі кабелю, штекер і вимикача, надійність кріплення всіх деталей;
- надійність закриття всіх струмоведучих і пускових пристроїв;
- наявність і надійність заземлюючих з'єднань (відсутність обривів);
- наявність заземлення металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою;
- наявність, справність, правильну установку і надійне кріплення огороження рухомих частин подрібнювача.

2.10. Огородити небезпечну зону роботи, вивісити попереджувальні плакати.

2.11. Перевірити відповідність напруги і частоти струму в електричній мережі напруги і частоти струму електродвигуна подрібнювача.

2.12. Перевірити роботу подрібнювача на холостому ходу.

2.13. Виробничі процеси повинні бути організовані відповідно до вимог діючих технологічних документів (норм, інструкцій, регламентів), затверджених в установленому порядку.

2.14. Не допускається самовільне проведення робіт, а також розширення робочого місця і обсягу завдання.

2.15. Працівник повинен особисто переконатися в тому, що всі заходи, необхідні для забезпечення безпеки виконані.

2.16. Про всі виявлені несправності й неполадки повідомити своєму безпосередньому керівнику і приступити до роботи тільки після їх усунення.

3. Вимоги охорони праці під час роботи

3.1. Підкорятися правилам внутрішнього трудового розпорядку, інших документів, що регламентують питання дисципліни праці.

3.2. Виконувати санітарно-гігієнічні вимоги.

3.3. Правильно застосовувати спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту. Не використовувати спецодяг, просякнутий нафтопродуктами.

3.4. Не допускати до своєї роботи ненавчених і сторонніх осіб.

3.5. Під час роботи слід бути уважним, не відволікатися від виконання своїх обов'язків і не відволікати інших працівників.

3.6. Працівник, який перебуває в хворобливому або перевтомленому стані, а також під впливом алкоголю, наркотичних речовин або ліків, притуплюють увагу і реакцію, не приступає до роботи, так як це може призвести до нещасного випадку.

3.7. Під час роботи потрібно вести себе спокійно і витримано, уникати конфліктних ситуацій, які можуть викликати нервово-емоційне напруження і відбитися на безпеці праці.

3.8. Виконувати вимоги безпеки, викладені в інструкції з експлуатації електричного подрібнювача гілок.

3.9. Дотримуватися вимоги, що забезпечують безпечні умови праці і нормальне ведення технологічного процесу.

3.10. Дотримуватися правил пожежної безпеки, вимоги цієї інструкції, ін. Локальних нормативних актів, що регламентують порядок організації робіт з охорони праці, умови праці на об'єкті.

3.11. Стежити за станом подрібнювача, пристосувань, інструменту, періодично проводити їх візуальний огляд з метою виявлення пошкоджень, несправностей, порушень в роботі.

3.12. При виявленні поломок, несправностей устаткування, інструменту, інших порушень вимог охорони праці, які не можуть бути усунені власними силами, і виникнення загрози здоров'ю, особистої або колективної безпеки працівникові слід повідомити про це керівництву. І не приступати до роботи до усунення виявлених порушень.

3.13. Забороняється працювати з несправним подрібнювачем, а також несправними засобами індивідуального та колективного захисту.

3.14. Подрібнювач використовувати тільки по його призначенню, відповідно до технічними характеристиками і з урахуванням забезпечення вимог правил техніки безпеки, наведених в інструкції з експлуатації подрібнювача.

3.15. Перед початком роботи слід оглянути територію, на якій передбачається використовувати подрібнювач, і видалити всі сторонні предмети (шматки дроту, сміття та ін.).

3.16. Під час роботи на подрібнювачі працівник зобов'язаний контролювати наближення до місця роботи сторонніх осіб. При наближенні до місця роботи сторонніх осіб на відстань, меншу за дозволеного вимогами технічної документації заводу-виготовлювача, необхідно негайно зупинити роботу подрібнювача.

3.17. Присутність в робочій зоні працівників, не пов'язаних безпосередньо з роботою на електричному подрібнювачі гілок, забороняється.

3.18. Забороняється залишати працюючий подрібнювач без нагляду.

3.19. Не торкатись рухомих і обертових частин подрібнювача під час роботи і до повної зупинки.

3.20. Не підштовхувати завантажуючи гілки руками.

3.21. Не перевантажувати подрібнювач.

3.22. Під час роботи розташовувати мережевий кабель поза робочою зоною.

3.23. Не застосовувати в подрібнювачі матеріалів, які можуть заблокувати ножі подрібнювача.

3.24. Зупиняти роботу обладнання при:

- появи сторонніх підозрілих звуків в роботі;
- появи вогню або диму;
- поломки механізмів і деталей;
- нещасний випадок на виробництві;
- в інших випадках.

3.25. При проведенні робіт з обслуговування подрібнювача завжди використовувати захисні рукавички. Роботи по догляду та обслуговування проводити при вимкненому з мережі обладнанні.

3.26. Дотримуватися норм перенесення ваги вручну.

3.27. Під час виконання робіт на подрібнювачі гілок електричному працівник зобов'язаний:

- дотримуватися вимог безпеки, викладені в експлуатаційній документації заводу-виготовлювача;

- використовувати подрібнювач тільки для тієї роботи, яка передбачена інструкцією по його експлуатації;

- вмикати і вимикати обладнання сухими руками і тільки за допомогою кнопок «Пуск» і «Стоп».

3.28. При роботі на подрібнювачі гілок електричному працівникові забороняється:

- працювати під час опадів, дощу;

- залишати без нагляду працюючий подрібнювач;

- самостійно розбирати і ремонтувати (усувати несправності) подрібнювач, кабель і штепсельні з'єднання;

- займатися сторонніми розмовами;

- проводити будь-які роботи самовільно;
- відлучатися з робочого місця без відома безпосереднього керівника;
- користуватися інструментами, пристосуваннями, обладнанням, поводження з якими він не навчений;
- проводити роботи без застосування необхідних ЗІЗ;
- палити;
- користуватися відкритим вогнем;
- працювати під впливом алкоголю, наркотиків, ліків.

3.29. Забороняється працювати з подрібнювачем, у якого закінчився термін чергового випробування, технічного обслуговування або при виникненні хоча б однієї з таких несправностей:

- пошкодження штепсельного з'єднання, кабелю;
- поява диму або запаху, характерного для ізоляції, що горить;
- поява підвищеного шуму, стуку, вібрації;
- поломка або поява тріщин в корпусі;
- пошкодження робочої частини подрібнювача;
- несправність пускового пристрою.

3.30. При виявленні обірваного і лежачого на землі проводи діючої лінії електропередачі необхідно негайно сповістити про це керівника. Забороняється наближатися до проводу на відстань менше 8 м.

3.31. Не використовувати для сидіння випадкові предмети (ящики, коробки і т. п.), обладнання та пристосування.

3.32. Не палити і не приймати їжу на робочому місці.

3.33. Дотримуватися правил поведінки на території підприємства, у виробничих, допоміжних і побутових приміщеннях.

3.34. У разі поганого самопочуття припинити роботу, довести до відома свого керівника і звернутися до лікаря.

4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях

4.1. При виникненні будь-яких неполадок, що загрожують аварією на робочому місці припинити роботу, відключити устаткування від електромережі; доповісти

керівнику; діяти відповідно до отриманих вказівок.

4.2. При ліквідації аварійної ситуації необхідно діяти відповідно до затвердженого плану ліквідації аварій.

4.3. При виявленні несправностей обладнання, інструменту, пристосувань, а також при виникненні інших умов, що загрожують життю і здоров'ю працівників, слід припинити роботу і повідомити про них своєму безпосередньому керівнику.

4.4. При появі несправностей, зазначених у керівництві з експлуатації заводу-виготовлювача, негайно зупинити обладнання.

4.5. При виявленні на металевих частинах обладнання напруги (відчуття дії електроструму) необхідно відключити обладнання від мережі і доповісти своєму керівникові.

4.6. Негайно відключити обладнання від електромережі в наступних випадках:

- сильне нагрівання електропроводів, електроапаратури, появи іскріння;
- обірваний провід заземлення;
- при виявленні дії електричного струму на корпусі автомата;
- при перерві подачі електроенергії.

4.7. Забороняється застосовувати воду та пінні вогнегасники для гасіння електропроводок і обладнання під напругою, так як піна є гарним провідником електричного струму. Для цих цілей використовуються вуглекислотні і порошкові вогнегасники.

4.8. При виявленні диму і виникненні пожежі негайно оголосити пожежну тривогу, вжити заходів до ліквідації пожежі за допомогою наявних первинних засобів пожежогасіння, довести до відома свого керівника. При необхідності викликати пожежну бригаду по телефону 101.

4.9. В умовах задимлення й наявності вогню в приміщенні пересуватися уздовж стін, зігнувшись або повзком; для полегшення дихання рот і ніс прикрити хусткою (тканиною), змоченою водою; через полум'я пересуватися, накрившись з головою верхнім одягом або покривалом, по можливості облитися водою, одяг, що загорівся зірвати або погасити.

4.10. При нещасному випадку негайно звільнити потерпілого від дії

травмуючого фактора, дотримуючись власну безпеку, надати потерпілому першу допомогу, при необхідності викликати бригаду швидкої допомоги по телефону 103. За можливості зберегти обстановку, при якій стався нещасний випадок, якщо це не загрожує життю і здоров'ю оточуючих, для проведення розслідування причин виникнення нещасного випадку, або зафіксувати на фото або відео. Повідомити своєму керівнику і фахівця з охорони праці.

4.11. У разі погіршення самопочуття, появи різі в очах, різкому погіршенні видимості - неможливості сфокусувати погляд або навести його на різкість, появи болю в пальцях і кистях рук, посилення серцебиття негайно покинути робоче місце, повідомити про подію своєму керівнику і звернутися в медичний заклад.

5. Вимоги охорони праці після закінчення роботи

5.1. Очистити подрібнювач від відходів і бруду згідно з інструкцією по експлуатації. Прибрати подрібнювач у встановлене місце зберігання.

5.2. При транспортуванні подрібнювача слід вживати заходів обережності, що виключають його пошкодження. При цьому необхідно керуватися вимогами технічної документації заводу-виготовлювача.

5.3. Привести в порядок робоче місце. Пристосування, інвентар прибрати в призначені для їх зберігання місця.

5.4. Чи не прибирати сміття, відходи безпосередньо руками, а користуватися щітками, совками і іншими пристосуваннями.

5.5. Зняти спецодяг, спецвзуття та інші ЗІЗ, оглянути, привести в порядок і прибрати у встановлене місце зберігання, при необхідності здати в прання і або ремонт.

5.6. Вимити руки і обличчя теплою водою з милом, прийняти душ.

5.7. Повідомити своєму керівнику про всі порушення і зауваження, виявлених в процесі роботи, і вжиті заходи щодо їх усунення.

Зробимо висновки щодо підвищення стану безпеки з охорони праці. Дотримання вище згаданих вимог з охорони праці при роботі з електричним подрібнювачем гілок убезпечать робітника від травм та нещасних випадків і є обов'язковими до виконання при роботі на електричному подрібнювачі гілок.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки

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;

$((I_{\text{б1}} - I_{\text{н1}}) - E_n \cdot (K_{\text{н1}} - K_{\text{б1}})) / (P_n + E_n)$ – економія споживача на експлуатаційних затратах та відрахуваннях від супутніх капіталовкладень за весь термін роботи нового засобу праці в порівнянні з базовим, грн.;

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

$K_{\text{н1}}, K_{\text{б1}}$ – 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 $C_{\text{б}} = 16000 \text{ грн}$, $C_n = 26000 \text{ грн}$ Питомі капітальні вкладення в базовому та новому варіанті розглядаємо, як вартість комплектації прототипу, та запропонованих – з подрібнювальними молотками;

$B_n / B_{\text{б}}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення продуктивності одиниці нового засобу праці в порівнянні з базовим, $B_n / B_{\text{б}} = 1,52$;

$(P_{\text{б}} + E_{\text{б}}) / (P_n + E_n)$ – коефіцієнт, що враховує зміну терміну служби нового засобу праці в порівнянні з базовим, для наших розрахунків прийнято 1; $((I_{\text{б1}} - I_{\text{н1}}) - E_n \cdot (K_{\text{н1}} - K_{\text{б1}})) / (P_n + E_n)$ – 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 є економічно ефективним.

4.4 Висновки за розділом 4

1. Отримане підтвердження гіпотези про зв'язок споживання енергії електродвигуна подрібнювача гілок від кута різання та величини виступу ножів.

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

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

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

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу існуючих технологій та технічних засобів для для подрібнення гілок домогосподарств, необхідною умовою останніх є відповідний енергоощадний режим роботи. Одним із перспективних напрямків вирішення поставленої задачі є визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача гілок та встановлення їх впливу на енергоспоживання 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 $W = 1,29 \dots 1,83 \text{ кВт/год}$, при частоті обертання робочого диску $n = 1350 \dots 1500 \text{ об/хв}$.

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

4. Найбільший чистий прибуток і найвища рентабельність отримані при подрібненні гілок з налаштуванням енергозберігаючих режимів роботи машини з наступними режимними параметрами: кут різання в межах $\alpha = 30^{\circ}00' \dots 41^{\circ}25'$, а відстань виступу ножів від площини диска - $h = 0,005 \dots 0,011 \text{ м}$. В середньому за 2021 рік цей показник становив 26707 грн. і був вищим, ніж у прототипу майже в 2 рази. Капіталовкладення в модернізацію подрібнювача гілок окупаються в перший рік.

5. Виробничими дослідженнями технології подрібнення гілок з використанням розробленого дослідного малогабаритного подрібнювача встановлено, стабільну працездатність машини при фактичній продуктивності 107 кг/год, що на 36,85 вище за базову модель.

6. Рекомендовано подрібнювати гілки із вологістю $w = 34,5\%$, оскільки цей показник безпосередньо впливає на споживання електроенергії машини.