

Згідно з формою № Н-9.02
Наказ Міністерства освіти і
науки, молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Державний вищий навчальний заклад
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
Інститут деревообробних та комп'ютерних технологій і дизайну

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини, безпеки
життєдіяльності

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

на тему «Дослідження фракційності тріски на подрібнювальному комплексі
DP 660 МК»

Виконав: студент 6 курсу, групи ТД-61м

Спеціальність 187 «Деревообробні та
меблеві технології»

Сень О.Я.
(прізвище та ініціали)

Керівник Андрашек Й.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Згідно з формою № Н-9.02
Наказ Міністерства освіти і
науки, молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Державний вищий навчальний заклад
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут	Деревообробних і комп'ютерних технологій та дизайну
Кафедра	технологій захисту навколишнього середовища і деревини, безпеки життєдіяльності
Освітньо-кваліфікаційний рівень	Магістр
Спеціальність	187 «Деревообробні та меблеві технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф.

_____ Кшивецький Б.Я.

“30” вересня 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сень Олександр Ярославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження фракційності тріски на подрібнювальному комплексі DP 660 МК

Керівник роботи: Андрашек Йосип Володимирович, доцент, к.т.н.

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

затверджена наказом вищого навчального закладу від “30” липня 2022 року № С- 251

2. Строк подання студентом роботи до 15.12.2022 року.

3. Вихідні дані до роботи _____

Виконати теоретичні і експериментальні дослідження фракційності технологічної тріски на подрібнювальному комплексі DP 660 МК в залежності від розмірно-якісної характеристики сировини та технічних параметрів оброблювального комплексу з подрібнення

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

_____ 1. Аналіз стану питання та задачі досліджень.

_____ 2. Дослідження фракційності технологічної тріски на подрібнювальному комплексі DP 660 МК .

_____ 3. Охорона праці і довкілля.

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

Конструкція подрібнювального комплексу DP 660 МК, технологічна схема подрібнення деревини на комплексі DP 660 МК та слайди з презентації результатів теоретичних і експериментальних досліджень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	доц. Сомар Г.В.		

7. Дата видачі завдання _____ 15.09.2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Аналіз стану питання	до 01.10.22	
	Експериментальні дослідження	до 15.11.22	
	Обробка результатів експериментальних досліджень	до 30.11.22	
	Охорона праці	до 05.12.22	
	Оформлення пояснювальної записки і підготовка презентації	до 15.12.22	

Студент

_____ Сень О.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Андрашек Й.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота: пояснювальна записка: 48 стор., 9 рис., 12 додатків, 37 джерел.

В даній роботі досліджено розмірно-якісні характеристики подрібленої деревини на подрібнювальному комплексі DP 660 МК в залежності від характеристики сировини та призначення технологічної тріски. Встановлені оптимальні параметри роботи комплексу DP 660 МК на основі критеріїв енергозбереження і продуктивності з дотриманням вимог що ставляться до необхідних параметрів технологічної тріски.

Ключові слова: технологічна тріска; енергозбереження; подріблена деревина; рубальна машина; фракційність тріски; подрібнювальний комплекс; розмірно-якісні характеристики подрібленої деревини.

ABSTRACT

Master's thesis: explanatory note: 48 pages, 9 figures, 12 appendices, 37 sources.

In this work, the dimensional and qualitative characteristics of shredded wood at the DP 660 MK shredding complex were investigated, depending on the characteristics of the raw material and the purpose of technological chips. The optimal operating parameters of the DP 660 MK complex have been established on the basis of the criteria of energy saving and productivity in compliance with the requirements for the required parameters of technological chips.

Keywords: technological chips; energy saving; shredded wood; chipper; fractionality of wood chips; grinding complex; dimensional and qualitative characteristics of shredded wood.

Анотація

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на наступну тему: «Дослідження фракційності тріски на подрібнювальному комплексі DP 660 МК» присвячена дослідженню розмірно-якісних характеристик подрібленої деревини на подрібнювальному комплексі DP 660 МК в залежності від характеристики сировини та призначення технологічної тріски. Встановлення оптимальних параметрів роботи комплексу DP 660 МК на основі критеріїв енергозбереження і продуктивності з дотриманням вимог що ставляться до необхідних параметрів технологічної тріски.

За результатами експериментальних досліджень у виробничих умовах проведених на комплексі DP 660 МК розроблені оптимальні параметри роботи комплексу на основі критеріїв енергозбереження і продуктивності устаткування з дотриманням вимог що ставляться до потрібних параметрів подрібленої деревини.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
Розділ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ	
1.1. Огляд сучасного виробництва паливних гранул і брикетів.....	9
1.2. Вимоги до подрібненої деревини для виготовлення паливних гранул і брикетів.....	14
1.3. Мета та завдання досліджень.....	18
Розділ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДІВ НА ВИРОБНИЦТВІ	
2.1. Сировина для проведення виробничих досліджень.....	20
2.2. Особливості виготовлення технологічної тріски на комплексі DP 660 МК.....	22
2.3. Послідовність виконання експериментальних досліджень.	
Розділ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1. Результати статистичного аналізу досліджень фракційності.....	28
технологічної тріски виготовленої на комплексі DP 660 МК.	
3.2. Розробка рекомендацій для виготовлення технологічної тріски на комплексі DP 660 МК заданої фракційності.....	32
Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1. Електробезпека.....	37
4.2. Загальні вимоги безпеки при роботі на рубальній машині.....	39
Список використаних джерел.....	41
ДОДАТКИ.....	45

ВСТУП

Важливим напрямом стійкого розвитку вітчизняного виробництва є комплексне використання деревинних ресурсів. Відходи утворюються практично на всіх стадіях лісозаготівельного і деревообробних процесів. За оцінками дослідників в Україні щорічно утворюється приблизно 4,5 мільйонів кубічних метрів деревинних відходів. Отримувані відходи різні за своїми фізико-хімічним, розмірно-якісними і іншими характеристиками. Спектр напрямів використання і перероблення відходів від діяльності лісової галузі також широкий. В залежності від виду деревинних відходів їх можна використовувати в різних напрямках вітчизняної промисловості. Збільшення використання вторинних деревинних ресурсів є важливим ланцюгом для розвитку політики ресурсозбереження, раціонального природокористування і екологічної безпеки виробництва. Розвиток світового і вітчизняного виробництв, його сьогоdnішній стан і перспективи вказують на необхідність нового ресурсозберігаючого, екологічно і економічно обґрунтованого підходу і організації промисловості – безвідходного (маловідходного) виробництва.

Сучасні іноземні програми державного регулювання, спираючись на технології прогнозування та управління природними та соціально-економічними системи, орієнтовані, в першу чергу, на максимальну економію енергії, природного і матеріального ресурсів, для забезпечення екологічної безпеки виробництва і природи. Відходи утворюються практично на всіх стадіях лісозаготівлі і процесів обробки деревини. За походженням утворення відходи можна розділити на відходи лісозаготівлі та деревообробки. Відходи лісозаготівлі утворюються в процесі заготівлі деревини і в більшості випадків залишають в лісі. До таких відходів відносяться: залишки рубки (гілки, бадилля), тирса, пні, коріння, неліквідна деревина. Відходи переробки деревини формується на підприємствах, які розташовані в населених пунктах або поблизу них. Вид таких відходів залежить від виду обробка деревини. В лісопилянні та механічній обробці це кора, тирса, рейки, горбилі, кускові відходи. В сучасній вітчизняній і зарубіжній деревообробній галузі

накопичений великий досвід, розроблені і запроваджені численні технологічні проекти з переробки різних видів деревних відходів. В основному вони використовуються для виготовлення будівельних матеріалів або використовуються для хімічної переробка та виробництва паливних гранул чи брикетів. Найпоширеніший вид продукції, що виготовляється з деревних відходів в деревообробному виробництві становить технологічна тріска. В багатьох випадках доцільно виготовляти технологічну тріску з лісосічних відходів та дров'яної деревини. Останнім часом налагоджено виробництво брикетів і гранул з деревних відходів (в основному тирса та стружка), в тому числі кора хвойних порід. Брикети і гранули, які пресуються з низькоякісної деревинної сировини мають високу калорійність, компактність, екологічність і транспортабельність. Вони ефективно використовуються як в побутових, так і в промислових цілях, в тому числі і для ТЕС, успішно конкурують з вугіллям. Прийнято вважати, що використання одержуваного продукту від переробки деревної сировини як палива значно збільшує загальну ефективність процесів енергопостачання на підприємствах та знижує забруднення атмосферного повітря викидами шкідливих речовин. Виробничий процес дозволяє безпосередньо використовувати подрібнену деревину, що складається з суміші різних порід, неоднорідну за складом і розміром частинок. Однак найякісніші брикети і гранули отримують шляхом пресуванням тирси. Стружка і кускові відходи вимагають подрібнення до досягнення необхідної фракційності (розмірності деревинних частинок). Власне дослідженню розмірності (фракційності) технологічної тріски яка виготовляється на комплексі DP 660 присвячена дана магістерська робота.

Мета дослідження.

Експериментально дослідити розмірність (фракційність) технологічної тріски яка виготовляється на комплексі DP 660 в залежності від конструкції валу рубальної машини та режимів різання.

Об'єкт дослідження – технологічна тріска

Предмет дослідження – зміна розмірів (фракційність) технологічної тріски за різних умов роботи комплексу DP 660.

Розділ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ

1.1. Огляд сучасного виробництва паливних гранул і брикетів.

В наш час на використання твердого екологічно чистого палива переходять не тільки приватні користувачі, а й великі промислові підприємства. Для захисту права і забезпечення якісною продукцією користувачів в Євросоюзі розроблений і запроваджений єдиний сертифікат - Enplus. Його вимоги обов'язкові до всіх виробників деревних паливних гранул практично всіх європейських країн. Він регулює єдині вимоги до паливних деревинних гранул, а також вимоги до хімічного складу сировини.

Для покращення контролю за процесом виготовлення паливних деревинних гранул, а також з метою забезпечення споживачів потрібним товаром, спеціалісти поділили гранули на три класи. Для виготовлення гранул першого класу використовується деревина хвойних та листяних порід відокремлено. Гранули першого класу використовуються для опалення виключно житлових будинків. Другий клас гранул виготовляється з змішаних порід деревини і призначені вони для використання лише в котельнях. Третій клас паливних гранул призначений для використання лише в котельнях на промислових об'єктах.

Виробникам паливних гранул категорично заборонено здійснювати їх оброблення буді-якими хімічними речовинами. Регламентована довжина паливних деревинних гранул і вона не може перевищувати 4 сантиметри. При визначенні якості паливних гранул особлива увага в першу чергу звертається на зовнішній вигляд продукції. Паливні гранули повинні бути покриті блискучою плівкою зовні і не допускаються тріщини. Не слід звертати особливу увагу на колір гранул. Оскільки колір, з де-більшого говорить лише про умови зберігання і постачання продукції. Хоча слід зауважити, що в значній мірі колір гранул сильно залежить від способу сушіння подрібненої деревини яка використовується для їх виготовлення. Так використання барабанних або аерофонтанних сушарок з вхідною температурою сушіння 400-500 °С приводить до потемніння висушеної подрібненої деревини, і як

наслідок, до потемніння паливних гранул. Натомість використання стрічкових сушарок для подрібленої деревини з температурою сушильного агента до 130°C дозволяє проводити процес сушіння безміни кольору висушеного матеріалу і паливні гранули будуть мати світлий деревинний колір. Важливим якісним показником паливних гранул є їх розчинність у воді. Паливні гранули належної якості при розчині у воді повинні утворювати деревну кашку.

Виготовлення виробів з деревини завжди пов'язане з отриманням певного виду відходів на різних стадіях виконання технологічних операцій. Для прикладу, за типового лісопильно-розкрійного процесу (виготовлення обрізних чи необрізних пиломатеріалів з круглих лісоматеріалів) близько 60% колод перетворюється на дошки, при цьому ми отримуємо до 12% тирси, майже 6% перетворюються у кінцеві обрізки та 22% становлять горбилі і обзолні рейки. На сьогодні переробка відходів на паливні деревні гранули економічно вигідне виробництво поза як гранули мають суттєві переваги якщо їх порівнювати з іншими видами палива:



Рисунок 1.1 Загальний вигляд деревних паливних гранул (світлих).



Рисунок 1.2. Загальний вигляд деревних паливних гранул (темних) які мають вміст кори або подрібнена деревина висушувалася в барабанних сушарках з температурою сушильного агента 450-540 °С.

- нижча теплотворна здатність паливних гранул становить 4,2 - 4,6 кВт / кг, що майже в 1,5 рази вища, ніж у звичайної паливної деревини і близька до калорійності бурого вугілля;
- паливні гранули дозволяють повністю автоматизувати процес роботи котлів (практично без додаткових пристосувань) для отримання теплової енергії;
- за теплотворною здатністю під час спалювання 2 (двох) тон паливних деревинних гранул отримуємо таку ж кількість теплової енергії як і при спалюванні: - 3,3 тони паливної деревини, - 1000 кубічних метрів природнього газу, - 980 літрів дизельного пального, - 1200 літрів технічного мазуту;

- ефективність спалювання паливних гранул в котлі набагато вища в порівнянні з вугіллям оскільки кількість золи не більша від 0,5 - 1% по відношенню до загального обсягу спалених гранул;
- в процесі спалювання паливних гранул відсутній негативний вплив на довкілля;

Враховуючи вище наведені показники, країни Євросоюзу, та й Україна все частіше використовують паливні гранули для опалення будинків і інших соціально значимих будівель. Зростання популярності паливних гранул обумовлена тим, що тепло при горінні деревинних гранул надає відчуття приємності, домашнього затишку в порівнянні з спалюванням інших видів палива. В Європейських країнах паливні гранули використовують не тільки в комунальних котельнях, але і на підприємствах для виробництва електричної енергії, так званої зеленої енергетики. Приведені вище якісні показники деревних паливних гранул дозволили їм мати високу конкурентоспроможність якщо порівнювати їх з будь-якими іншими видами палива. Дослідження маркетологів прогнозують, що в найближчому майбутньому буде мати місце різке зростання попиту на використання деревних паливних гранул.

Сьогодні ринок паливних деревинних гранул зростає надзвичайними темпами. І, як наслідок, спостерігається постійне зростання цін, слід зауважити, що попит на гранули буде неймовірний за умови підписання Кіотський протокол, який регламентує викид двоокису вуглецю в оточуюче середовище. Лідерами в споживанні паливних гранул і брикетів на сьогоднішній день є країни Євросоюзу і Японія. Якщо аналізувати ринок України, то відбувається активне формування ринку з тенденцією динамічного розширення. Пояснити це можна тим, що в Україні деревинні гранули в основному використовують для отримання теплової енергії в приватних будинках, а загально відомо, що в нас їх велика кількість і паливні гранули успішно конкурують з вугіллям і торф'яними паливними брикетами. В європейських країнах використання паливних гранул для опалення приватних будинків це вже звична справа, і це

підтверджується продажем пакованих деревинних гранул у мережах великих супермаркетів. Збільшення виробництва і імпорту обладнання для виготовлення деревинних паливних гранул приведе до збільшення обсягів використання їх на малих підприємствах для виробництва електроенергії.

1.2 Вимоги до подрібненої деревини для виготовлення паливних гранул і брикетів.

Якісні показники деревинних паливних гранул залежать від наступних факторів:

- Правильно підібрана кінцева вологість сировини (гранули з стружки підвищеної вологості матимуть більший обсяг, ніж гранули від стружки низької і середньої вологості при однаковій вазі);
- Завищена кінцева вологість подрібненої деревини (більше 12%) приводить до руйнування паливних гранул в процесі їх виготовлення за рахунок дії парового удару (інтенсивне випаровування завищеної вологості);
- Від фракційного складу сировини (чим більше стружка, тим складніше її стиснути, в той час як готова гранула з великою стружкою може кришитися через відновлення форми спресованої стружки);
- З видів сировини (хвойні гранули отримують більш високої якості, ніж з твердих порід деревини);
- Від зносу матриці і роликів (при зношеній матриці стружка не пресується, а котиться по матриці);
- Від правильно налаштованих зазорів між роликками і матрицею;
- Від діаметра пресованих гранул (чим менше діаметр гранул, тим краща їх якість за однакових умов пресування).

Сировиною для виробництва гранул можуть бути:

- круглі лісоматеріали хвойних і листяних порід окорені або не окорені, так звана дров'яна деревина;
- відходи лісопильно-розкрійних виробництв у вигляді тирси, горбилів, обзолних рейок, кінцевих відрізків;
- суха стружка після стругально-фрезерних верстатів;
- сухі рейки, торцьові відрізки або вирізки дефектних місць після механічного оброблення сухих пиломатеріалів.

Сировиною для виготовлення гранул служить подрібнена деревина розміром близько 1 мм за шириною та товщиною і довжиною до 3-4 мм. Перевага виробництва гранул в тому, що для нього не потрібно спеціально підготовлену сировину.

Опосередковано якість сировини можна дізнатися за кольором готових гранул:

- Чорні гранули готуються з деревини з корою, можливою гниллю і недотриманням технології.
- Сірі гранули отримують з неокореної деревини, яка має включення кори. При зменшенні розмірів включень кори може і не бути видно, але гранула буде мати темнуватий відтінок.
- Гранули світлого кольору отримують з якісної деревини певної фракційності і вологості. Світлий колір гранул має більшу тепловіддачу, менше кришиться і відповідно коштує дорожче, ніж сірі і чорні гранули.

Крім кольору гранул, якість їх склеювання залежить від сировини. Справа в тому, що сполучною речовиною в процесі пресування гранул є натуральний лігнін, який міститься в деревині. Але вміст лігніну в кожній породі відрізняється, і відповідно, чим більше лігніну міститься в деревині, тим краще гранули.

Ще одним важливим технологічним фактором при виробництві пелет є твердість деревини. Чим жорсткіше деревина, тим більше знос ріжучого інструменту, матричного і роликового обладнання.

Як впливає вид і фракційність подрібненої деревини на виробництво гранул?

- Тирса може бути різною за фракційністю (після лісопильних рам, круглопилкових або стрічковопилкових верстатів і відрізнятися за породою, за розміром, за вологістю. В загальному будь-яка тирса абсолютно придатна

для виготовлення гранул, не вимагає додаткового подріблення, а тільки доведення її вологості до необхідного рівня (10-12%).

- Сполучним матеріалом при виробництві гранул є лігнін з деревини. Чим більше натурального лігніну в деревині, тим легше отримати якісні гранули з тирси.

- Якщо сировиною для виготовлення гранул використовуються круглі лісоматеріали (дров'яна деревина), горбилі, обзолні рейки або інші кускові відходи то вони вимагають подріблення з отриманням матеріалу певної фракційності. Спочатку круглі лісоматеріали або кускові відходи подрібнюються на рубальних машинах дискового або роторного типів. В подальшому, перед сушінням, отримана подріблена деревина може вимагати додаткового подріблення. Додаткове подріблення перед сушінням необхідне для зменшення тривалості процесу висушування і забезпечення рівномірності кінцевої вологості для подрібленої деревини різних розмірів (фракційності). Якщо розміри подрібненої деревини сильно відрізняються, то в процесі сушіння крупні фракції будуть мати завищену кінцеву вологість, натомість, як дрібні частинки будуть пересушені.

Після дискових рубальних машин розміри (фракційність) подрібненої деревини (технологічної тріски) становлять:

- за товщиною і шириною: до 30 мм;
- за довжиною: від 20 до 60 мм.



Рисунок 1.3. Загальний вигляд технологічної тріски.

Висушувати технологічну тріску таких розмірів в будь-яких типах сушарок (барабанні, стрічкові, аерофонтанні) не доцільно за наступних обставин. По перше, це значно збільшить тривалість сушіння і, як наслідок, приведе до надмірних витрат теплової і електричної енергії. По друге, різноманітність розмірів (фракційності) технологічної тріски не дозволяє забезпечити рівномірність необхідної кінцевої вологості матеріалу. В магістерській роботі передбачається виконати дослідження з визначення зміни розмірів технологічної тріски в залежності від кількості ножів на диску рубальної машини і швидкості подачі оброблювальної сировини. Для доведення фракційності технологічної тріски до заданих розмірів виконують її доподріблення на молоткових подрібнювачах з використанням різних розмірів комірок сита. Проведення таких досліджень також буде виконано в магістерській роботі. Одним з недоліків такого способу отримання кондиційної (певної фракційності) подрібленої деревини для виготовлення паливних гранул є часте забивання комірок сита подрібнювачів. Якщо подріблення сухої деревини не викликає забивання комірок, то при обробленні сирої технологічної тріски ця проблема стає нагальною. Особливо гостро постає дана

проблема після подріблення технологічної тріски яка була отримана на рубальній машині з неокорених круглих лісоматеріалів (дров'яної деревини).

Отримувати технологічну тріску чи радше технологічну стружку з круглих лісоматеріалів (окорених чи не окорених) або з кускових відходів (горбилі, обзолні рейки, торцеві відрізки) можна за допомогою рубальних машин роторного (барабанного) типу. Кінцеві розміри фракції тріски (стружки) на виході залежать від величини отворів встановленого сита. При виборі правильної конструкції ротора і розмірів комірок сита можна отримувати фракційність тріски (стружки) яка може безпосередньо подаватися в сушарки без додаткового подріблення в молоткових подрібнювачах.

1.3 Мета і завдання досліджень.

Гідна сучасна альтернатива класичним видам палива, яка вже зараз широко використовується в європейських країнах і поступово завойовує прихильність споживачів по всьому світу – паливні гранули. Замінивши звичне паливо на гранули, можна значно зменшити парниковий ефект на Землі. Для виготовлення якісних паливних гранул необхідно щоб подрібнена деревина, яка використовується для їх виготовлення, мала певний рівень кінцевої вологості (10-12 %). Досягнення рівномірності заданої кінцевої вологості подрібненої деревини під час сушіння в значній мірі залежить від однорідності розмірів (фракційності) висушуваного матеріалу. Особливо гостро постає дана проблема стосовно технологічної тріски яка виготовляється з кускових відходів або дров'яної деревини на рубальних машинах роторного або дискового типів. Виходячи з вище приведених проблем була сформована мета і визначені задачі досліджень.

Мета магістерської роботи - експериментально дослідити розмірність (фракційність) технологічної тріски яка виготовляється на комплексі DP 660 в залежності від конструкції валу рубальної машини та режимів різання.

Задачі досліджень:

- розробити методику виконання експериментальних досліджень з встановлення фракційності технологічної тріски;
- виконати експериментальні дослідження з встановлення фракційності технологічної тріски під час використання різних конструкцій робочих валів рубальної машини ;
- провести експериментальні дослідження з встановлення фракційності технологічної тріски за різних режимів роботи комплексу DP 660;
- виконати статистичну обробку результатів досліджень;
- розробити рекомендації стосовно виготовлення технологічної тріски заданої фракційності за результатами експериментальних досліджень на виробництві для різних видів сировини: дров'яна деревина (круглі лісоматеріали), кускові відходи (горбилі, обзолні рейки, торцьові відрізки).

Розділ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДІВ НА ВИРОБНИЦТВІ

2.1. Сировина для проведення виробничих досліджень.

Виробничі експериментальні дослідження фракційності подрібненої деревини яка виготовляється з дров'яної деревини (круглі лісоматеріали) та кускових відходів (горбилі, обзолні рейки, торцьові відрізки) проводилися на підприємстві ТзОВ “Олнова” яке розташоване в місті Буськ Львівської області. Підприємство «ОЛНОВА» було засноване в травні 1997 року. ТзОВ «ОЛНОВА» на ринку вже понад 25 (двадцять п'ять) років. За прекрасних якісних показників продукції дозволило ТзОВ «ОЛНОВА» стати лідером на світовому ринку виробників обладнання для подрібнення різноманітних виробничих відходів: як утворюються в побуті, при виробництві будівельних матеріалів, різноманітного сміття, а також відходів деревообробних виробництв і лісозаготівлі, таких як: пні, гілля, дров'яна деревина та кускових відходів (обзолні рейки, горбилі, відрізків після торцювання пиломатеріалів).

Підприємство динамічно розвивалося, про свідчить зростання кількості працюючих з 15 чоловік на початку 250 осіб на сьогоднішній день. Поряд з цим відбувався постійний ріст випуску продукції. Прекрасний колектив працівників, професіоналів своєї справи, займається не тільки виробництвом машин для подрібнення, але й розробкою конструкцій та маркетингом. З 2001 року підприємство почало розробку конструкцій і виготовлення машин для подрібнення деревини. Виготовляються машини для первинного подрібнення круглих лісоматеріалів і кускових відходів на технологічну тріску, так і вторинні подрібнювачі для отримання подрібненої деревини заданої фракційності, в залежності від області використання. В 2002 році була виготовлена перша машина для подрібнення деревини «під ключ» .

ТзОВ «ОЛНОВА» розробляє, конструює, виробляє, монтує та вводить в експлуатацію не тільки окремі машини, але й цілі комплекси подрібнення

деревини які відповідають сучасним вимогам техніки безпеки, охорони праці та сучасним експлуатаційним вимогам і довговічності.

Для проведення виробничих експериментальних досліджень використовувалися дров'яна деревина (круглі лісоматеріали) та кускові відходи (обзолні рейки, горбилі, відрізків після торцювання пиломатеріалів). Загальний вигляд дров'яної деревини, яка використовувалася в дослідженнях показаний на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1. Загальний вигляд дров'яної деревини.

Дров'яної деревина, яка використовувалася для проведення виробничих досліджень була різних порід, хвойних так тверд- і мягколистяних. Діаметр круглих сортиментів становив від 8 до 40 сантиметрів.

Окрім дров'яної деревини для досліджень використовувалися кускові відходи лісопильних виробництв у вигляді горбилів і обзолних рейок різних порід деревини. Загальний вигляд кускових відходів, які використовувалися в дослідженнях показаний на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2. Загальний вигляд деревинних кускових відходів.

2.2. Особливості виготовлення технологічної тріски на комплексі DP 660 МК

Виробничі дослідження з подрібнення дров'яної деревини (круглі лісоматеріали) та кускових відходів (обзолні рейки, горбилі) проводилися на подрібнювальному комплексі DP 660 МК. Отриману подрібнену деревину на цьому комплексі використовують для виготовлення деревинних паливних брикетів та гранул (пелет) та у виробництві біологічно активних речовин або у виробничих процесах хімічних технологій переробки деревини. Загальний вигляд комплексу DP 660 МК показаний на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3. Загальний вигляд комплексу DP 660 МК

В склад комплексу входить два агрегати:

I – дискова дробальна машина для виготовлення деревинної технологічної тріски;

II – молотковий подрібнювач для подріблення деревинної технологічної тріски; до необхідної фракції за розмірами.

Дров'яна деревина (круглі лісоматеріали) або кускові відходи (обзолні рейки, горбилі) подаються в дискову дробильну машину за допомогою роликів. Максимальний діаметр круглих лісоматеріалів становить 160 мм, максимальна ширина (товщина) кускових відходів - 240 мм. В самому корпусі рубальної машини знаходиться контрніж і рубальний диск на якому знаходяться 2 (два) рубальних ножі. В процесі проведення експериментальних досліджень використовувався диск з трьома рубальними ножами для виготовлення технологічної тріски меншої фракційності. Загальний вигляд рубального диску з ножами показаний на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4. Загальний вигляд рубального диску з ножами

Рубальна машина оснащена 4-ма лопастями для відведення технологічної тріски. За допомогою відцентрового прискорення лопастей технологічна тріска подається через тріскопровід в бункер-дозатор. В подальшому за допомогою шнека технологічна тріска поступає в молотковий подрібнювач. Привід подрібнюючого ротора здійснюється від електродвигуна, через клиноремінну передачу. Ротор молоткового подрібнювача складається з центрального вала і дисків конструктивно пов'язаних з чотирма осями, на кожній з яких вільно обертаються молотки. За рахунок відцентрової сили дробильні молотки стають в радіальне положення і технологічна тріска яка поступає в робочу зону подрібнюється на фракцію заданих розмірів. Готова подрібнена деревина заданих розмірів (фракційності) проходить через комірки сита і за допомогою відцентрового аспіраційного вентилятора видаляється з молоткового подрібнювача. Досягнення необхідних розмірів подрібненої деревини

досягається шляхом вибору розмірів комірок сита молоткового подрібнювача. Загальний вигляд сита молоткового подрібнювача показаний рисунку 2.5.

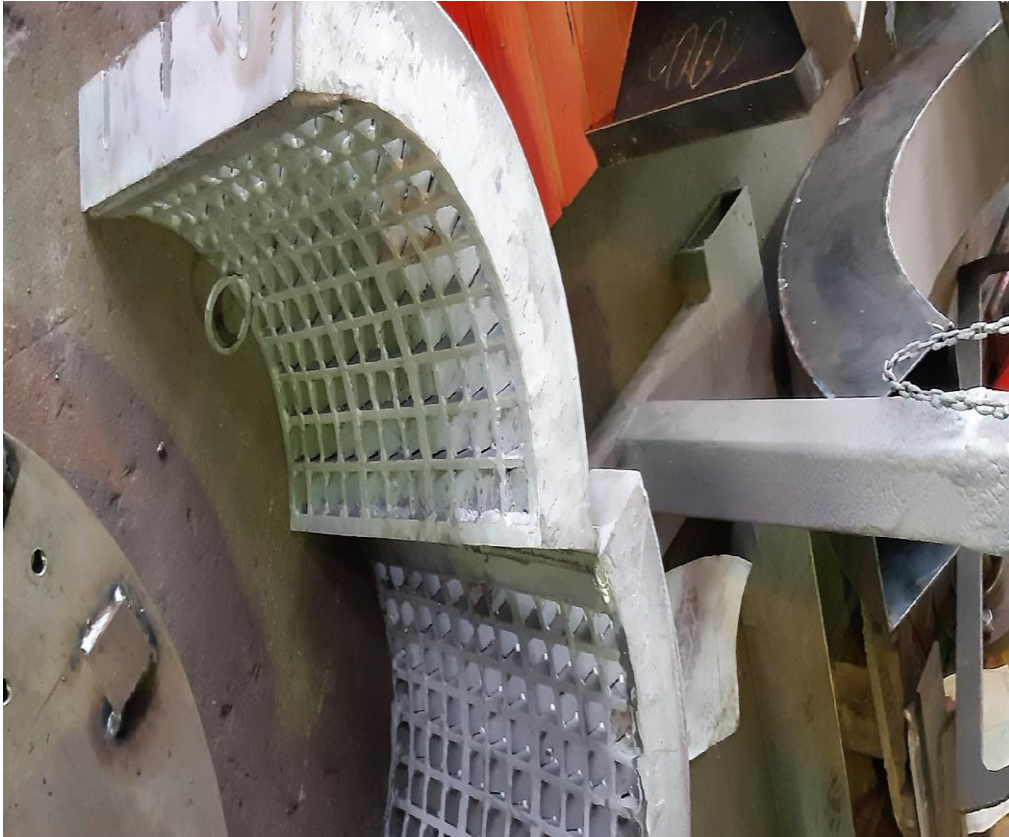


Рисунок 2.5. Загальний вигляд сита молоткового подрібнювача.

В процесі проведення виробничих експериментальних досліджень комплекс DP 660 МК був дооснащений вібраційним сепаратором подрібненої деревини. Загальний вигляд комплексу DP 660 МК з вібраційним сепаратором подрібненої деревини показаний на рисунку 2.6. В сепараторі здійснюється розподіл подрібненої деревини на три фракції:

- кондиційна подрібнена деревина заданих розмірів (фракційності);
- подрібнена деревина з розмірами більшими від кондиційної;
- відсів (подрібнена деревина розміром менше 1 мм).



Рисунок 2.6. Комплекс DP 660 МК з вібраційним сепаратором подрібненої деревини.

В процесі проведення виробничих досліджень в склад комплексу замість дискової дробарки і молоткового подрібнювача була вмонтована рубальна машина роторного типу для вивчення можливості отримання подрібненої деревини заданої фракційності без додаткового подріблення в молотковому подрібнювачі.

2.4. Методика проведення експериментальних досліджень.

Виробничі експериментальні дослідження проводилися за наступною методикою.

1. Відбирали партію дров'яни деревина (круглі лісоматеріали) або кускових відходів (обзолні рейки, горбилі) орієнтовно вагою 300-500 кілограм.
2. Подавали відібрану партію сировини в комплекс DP 660 МК для виготовлення подрібненої деревини.
3. Окремо подавали партії сировини у вигляді круглих сортиментів, горбилів або обзолних рейок.
4. Сортування сировини за породним складом не здійснювали.
5. Окремо проводили експериментальні дослідження для окорених і не окорених сортиментів.

6. Обсяг партії обробленої сировини встановлювався за сумарною вагою отриманої подрібненої деревини різної фракційності.
7. Отримана подрібнена деревина:
 - кондиційна подрібнена деревина заданих розмірів (фракційності);
 - подрібнена деревина з розмірами більшими від кондиційної;
 - відсів (подрібнена деревина розміром менше 1 мм).насипалася в окремі контейнери і зважувалася.
8. Виконували статистичну обробку результатів досліджень.

Розділ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Результати статистичного аналізу досліджень фракційності технологічної тріски виготовленої на комплексі DP 660 МК

Головною метою проведення виробничих експериментальних досліджень з подріблення дров'яної деревини (круглі лісоматеріали) або кускових відходів (обзолні рейки, горбилі) було встановлення оптимальних параметрів роботи подрібнювального комплексу DP 660 МК для отримання подрібненої деревини заданої фракційності. Дослідження були проведені для окорених і не окорених круглих лісоматеріалів з використанням дискових рубальних машин з двома або трьома рубальними ножами і додатковим подрібненням на молотковій дробарці яка має різні розміри комірок сит. Також були проведені виробничі дослідження за умови заміни в комплексі DP 660 МК рубальної дискової машини і молоткового подрібнювача на рубальну роторну (барабанну) машину з двома різними розмірами комірок калібрувальних сит. В кожному випадку повторюваність дослідів становила 4 експерименти. За результати досліджень приймали середнє арифметичне чотирьох дослідів. Окремо аналогічні виробничі експериментальні дослідження були виконані для окорених і не окорених горбилів і обзолних рейок. Статистичні результати виробничих експериментальних досліджень з подріблення дров'яної деревини (круглі лісоматеріали) або кускових відходів (обзолні рейки, горбилі) на подрібнену деревину заданої фракційності приведені в таблицях 3.1.-3.3., та в додатку 1.

Таблиця 3.1. Дослідження фракційності подрібленої деревини виготовленої з не окореної сировини

Результати експериментальних досліджень фракційності технологічної тріски в процесі виготовлення на комплексі DP 660 в складі дискова рубальна машина (3 ножі) + молотковий подрібнювач з розміром комірок сита 8 мм							
Вид сировини	Кількість кондиційованої тріски		Кількість некондиційованої тріски		Кількість відсіву технологічної тріски		Примітка
	кг	%	кг	%	кг	%	
Дров'яна сировина	115,30	93,1	5,20	4,2	3,30	2,7	Очищення сита молоткового подрібнювача через 2-3 години
	243,10	92,5	11,30	4,3	8,50	3,2	
	137,00	92,2	5,05	3,4	6,50	4,4	
	338,40	91,8	17,90	4,9	12,50	3,4	
Середнє значення		92,4		4,2		3,4	
Горбилі	153,00	93,4	6,30	3,8	4,50	2,7	Очищення сита молоткового подрібнювача через 2-3 дні
	316,40	93,8	12,40	3,7	8,50	2,5	
	432,50	95,0	13,30	2,9	9,50	2,1	
	218,00	93,6	7,30	3,1	7,50	3,2	
Середнє значення		94,0		3,4		2,6	
Обзолні рейки	402,50	96,2	11,60	2,8	4,10	1,0	Очищення сита молоткового подрібнювача раз в тиждень
	316,00	95,3	9,30	2,8	6,20	1,9	
	273,40	95,9	7,40	2,6	4,30	1,5	
	343,20	96,2	8,20	2,3	5,40	1,5	
Середнє значення		95,9		2,6		1,5	

Таблиця 3.2. Дослідження фракційності подрібленої деревини виготовленої з не окореної сировини

Результати експериментальних досліджень фракційності технологічної тріски в процесі виготовлення на комплексі DP 660 в складі рубальна машина (2 ножі) + молотковий подрібнювач з розміром комірок сита 8 мм							
Вид сировини	Кількість кондиційованої тріски		Кількість некондиційованої тріски		Кількість відсіву технологічної тріски		Примітка
	кг	%	кг	%	кг	%	
Дров'яна сировина	348,20	84,9	44,20	10,8	17,70	4,3	Очищення сита молоткового подрібнювача через 4-6 години
	451,40	83,7	68,70	12,7	19,40	3,6	
	245,00	84,8	32,50	11,2	11,40	3,9	
	432,60	84,9	57,40	11,3	19,40	3,8	
Середнє значення		84,6		11,5		3,9	
Горбилі	271,20	89,2	26,60	8,7	6,40	2,1	Очищення сита молоткового подрібнювача через 2-3 дні
	372,50	89,8	32,60	7,9	9,80	2,4	
	346,90	89,3	32,70	8,4	8,70	2,2	
	362,00	89,4	31,40	7,8	11,50	2,8	
Середнє значення		89,4		8,2		2,4	
Обзолні рейки	364,60	90,9	29,60	7,4	6,70	1,7	Очищення сита молоткового подрібнювача раз в тиждень
	367,50	90,7	30,30	7,5	7,40	1,8	
	312,60	91,5	22,70	6,6	6,30	1,8	
	288,40	91,5	21,50	6,8	5,40	1,7	
Середнє значення		91,2		7,1		1,8	

Таблиця 3.3. Дослідження фракційності подрібленої деревини виготовленої з не окореної сировини

Результати експериментальних досліджень фракційності технологічної тріски в процесі виготовлення на комплексі DP 660 в складі роторна рубальна машина НГ з розміром комірок сита 10 мм							
Вид сировини	Кількість кондиційованої тріски		Кількість некондиційованої тріски		Кількість відсіву технологічної тріски		Примітка
	кг	%	кг	%	кг	%	
Дров'яна сировина	364,70	90,1	36,20	8,9	3,80	0,9	Очищення сита молоткового подрібнювача через 2-3 дні
	315,10	90,5	29,70	8,5	3,50	1,0	
	217,40	89,6	22,10	9,1	3,20	1,3	
	316,20	89,3	33,40	9,4	4,60	1,3	
Середнє значення		89,9		9,0		1,1	
Горбилі	257,40	90,8	22,30	7,9	3,70	1,3	Очищення сита молоткового подрібнювача раз в тиждень
	294,60	91,0	25,60	7,9	3,50	1,1	
	383,40	92,1	28,60	6,9	4,20	1,0	
	343,00	91,5	27,50	7,3	4,30	1,1	
Середнє значення		91,4		7,5		1,1	
Обзолні рейки	315,70	92,3	22,40	6,5	3,90	1,1	Очищення сита молоткового подрібнювача раз в тиждень
	287,70	92,1	20,10	6,4	4,60	1,5	
	402,30	91,9	29,70	6,8	5,70	1,3	
	318,60	91,9	23,40	6,8	4,60	1,3	
Середнє значення		92,1		6,6		1,3	

3.2. Розробка рекомендацій для виготовлення технологічної тріски на комплексі DP 660 МК заданої фракційності.

Аналіз результатів виробничих експериментальних досліджень з подріблення дров'яної деревини (круглі лісоматеріали) або кускових відходів (обзолні рейки, горбилі) на подрібнену деревину заданої фракційності дозволив зробити наступні висновки і рекомендації:

1. Розроблена методика виконання експериментальних досліджень з встановлення фракційності технологічної тріски.

2. Виконана статистична обробка результатів досліджень.

3. За результатами статистичної обробки досліджень запропоновані наступні практичні рекомендації:

- використання дискової рубальної машини навідь з трьома ножами не дозволяє отримати технологічну тріску необхідної фракційності;

- не дало позитивного результату зменшення швидкості подачі дров'яної деревини в рубальну машину;

- використання комплексу DP 660 в складі рубальна машина + молотковий подрібнювач з розміром комірок сита 8 мм дозволяє отримати технологічну тріску необхідної фракції, але вимагає частих зупинок для очищення комірок сита;

- для отримання технологічної тріски з заданою фракційністю (довжина – до 5 мм, ширина – до 3 мм і товщина – до 2 мм) доцільно використовувати рубальну машину роторного типу.

Розділ 4. Охорона праці

4.1. Електробезпека.

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Заземлення електричного щита виконано із заземленою нейтраллю, а розетки приміщення виконані з захисним зануленням. Крім того, кожен ПК в приміщенні на випадок перенавантаження електричної мережі, підключений в розетку з окремим запобіжником виключення. Для підключення іншої переносної електроапаратури використовуються гнучкі проводи в надійній ізоляції, також з додатковим запобіжником вимикання, також електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом. Приміщення відповідає усім нормам електробезпеки за ПУЕ та є придатним та безпечним для роботи.

Шум - неприємний або небажаний звук, чи сукупність звуків, що заважають сприйняттю корисних звукових сигналів, порушують тишу, чинять шкідливу або подразливу дію на організм людини, знижують її працездатність. Поблизу барабанної рубальної машини, рівень шуму має істотні показники. Основними характеристиками таких коливань служить амплітуда звукового тиску (p , Па), частота (f , Гц). Звуковий тиск – це різниця між миттєвим значенням повного тиску у середовищі при наявності звуку та середнім тиском в цьому середовищі при відсутності звуку. Поширення звукового поля супроводжується переносом енергії, яка може бути визначена інтенсивністю звуку J (Вт/м²). У вільному звуковому полі інтенсивність звуку і звуковий тиск зв'язати між собою співвідношенням:

$$J = p^2 / \rho \cdot C,$$

де: J – інтенсивність звуку, Вт/м²,

p – звуковий тиск, Па,

ρ – густина середовища, кг/м³,

C – швидкість звукової хвилі в даному середовищі, м / с.

Звукоізоляція від шуму забезпечується за допомогою звичайних будівельних матеріалів - цегли, бетону та залізобетону, металу, фанери, плит із деревних стружок, скла, тощо. У якості звукоізолюючих матеріалів які застосовують у конструкціях перекриттів для зниження передачі структурного (ударного) звуку використовують мати та плити зі скляного та мінерального волокна, м'які плити з деревних стружок, картон, гуму, металеві пружини, утеплений лінолеум тощо. Було перевірено рівень шуму згідно ДСН 3.3.6.037-99. Приміщення відповідає нормам. Для операторів барабанної рубальної машини вибираємо протишумові навушники ВЦНПОТ-2М, призначені для захисту органів слуху від впливу високочастотного шиплячого, дзвінкого, свистячого виробничого шуму з рівнем до 120 дБ. Навушники складаються з двох півсферичних пластмасових корпусів з звукопоглиначами з ультратонкого скловолокна, забезпечених ущільнювальними прокладками з полівінілхлоридної плівки; оголовники в вигляді двох кільцевих пружин; поліетиленових обмежувачів.

4.2. Загальні вимоги безпеки при роботі на рубальній машині.

До управління та обслуговування рубальної машиною допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і визнані придатними для виконання даного виду роботи, що пройшли інструктаж, навчання та перевірку знань з охорони праці, пожежної безпеки, першої долікарської допомоги та мають про це спеціальне посвідчення. Робота на рубальній машині повинна виконуватися відповідно до затвердженої технологічною картою або планом організації робіт. Кожен робітник повинен бути ознайомлений з технологічною картою і виконувати під час роботи її вимоги. Робітники, зайняті управлінням та обслуговуванням машини, повинні знати: будову та призначення всіх агрегатів і окремих вузлів, а також правила експлуатації і догляду за ними; правила обміну сигналами, встановлені на підприємстві; призначення і пристрій огорожень, запобіжних пристроїв і блокувань. Перед початком роботи оператор повинен перевірити стан ріжучих

ножів, при необхідності провести їх заміну. Не слід працювати на тупих ножах. Ріжучі ножі необхідно зберігати в спеціальних чохлах, що не допускають зісковзування полотен або їх пошкодження. Оператор повинен слідкувати, щоб в машину не надійшла сировина, перетин якої перевищує прохідний перетин завантажувального вікна, а також за рівномірним подаванням деревини. Поправляння деревини в зоні вхідного завантажувального вікна робити тільки за допомогою спеціальних гачків при зупинених механізмах подачі. Під час роботи машини категорично забороняється заходити за огорожу в зону роботи машини. Ремонтні роботи дозволяється проводити тільки при зупинених механізмах і знеструмлених шафах електроапаратури, при цьому на включений головний рубильник вивіщується табличка "Не вмикати! Працюють люди!". Робочі в період роботи повинні користуватися засобами індивідуального захисту (спецодягом, спецвзуттям, протишумними навушниками ККА або ВЦНІОТ 2м). Під час техобслуговування, ремонту та чистки (яку можна проводити водою, парою та іншими засобами) машину необхідно повністю знеструмити.

Відгук керівника магістерської роботи

Магістерська робота на тему: “Дослідження фракційності тріски на подрібнювальному комплексі DP 660 МК” студента групи ТД-61м Сеня Олександра Ярославовича виконана в повному обсязі у відповідності до завдання.

В процесі виконання магістерської роботи студент Сень О.Я. показав вміння ставити і вирішувати задачі з досліджень процесів деревообробних виробництв. Запропоновані в роботі рішення стосовно встановлення експлуатаційних режимів використання комплексу DP 660 в складі рубальна машина + молотковий подрібнювач з розміром комірок сита 8 мм дозволяє отримати технологічну тріску необхідної фракції, але вимагає частих зупинок для очищення комірок сита. Для отримання технологічної тріски з заданою фракційністю (довжина – до 5 мм, ширина – до 3 мм і товщина – до 2 мм) доцільно використовувати рубальну машину роторного типу.

Оцінка роботи “відмінно”.

Керівник

доцент кафедри ТЗНС і Д, БЖД

Андрашек Й.В.

Список використаних джерел

1. Андрашек Й. В. Мультимедійний конспект лекцій з дисципліни “Технологія сушіння і захист деревини” в форматі PDF. – Львів, 2014. – 675 с.
2. Ressel J.B. Fundamentals of wood moisture content measurement. University of Hamburg Department of Wood Science Mechanical Wood Technology, - COST E 53, 2006.
3. Б.М. Мамиконян, А.Р. Аветисян Вестник ГИУА. Серия “Электротехника, энергетика”. 2013. Вып. 16, №1, с.49-58.
4. Грушка І.Г. Вимірювач параметрів ґрунтів, наук. праці УкрНДГМІ. – 2005, Вип. 254, 238с.
5. Методичні вказівки: застосування методів статистичного аналізу в деревообробленні. Частина І. – Львів: УкрДЛТУ, каф. ТВД, 2004. – 32 с.
6. Кійко О.А. Статистичні методи підвищення якості продукції деревооброблення. – Львів: Панорама. – 228 с.
7. Андрашек Й.В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія сушіння і захист деревини». – Львів: РВЦ УкрДЛТУ, 2010. – 72 с.
8. Білей П.В., Теоретичні основи теплової обробки і сушіння деревини. Коломия: Вік, 2005. -360 с.
9. Білей П.В., Павлюст В.М. Сушіння і захист деревини. Підручник. -Львів, Ліга. Прес, 2008.-312 с.
10. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. - К.: Світ, 2003.- 288 с.
11. Иванов В.И. Курс дозиметрии. – М.: Энергоиздат, 1988. - 399 с.
12. Берлинер М.А. Разработка $\text{Cu}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Al}$ чувствительных элементов гигрометров // Контрольно-измерительная техника. -М25. - 19вв.- С. 22-25.

13. Гагарский А.П. Амплитудные волоконно-оптические измерительные преобразователи // Контрольно-измерительная техника. - М 34. - 19вв. - С. 11-21.
14. Шпилькин А.Д. Акустический метод измерения концентрации газов // Контрольно-измерительная техника. - М 19. - 19в. -С. 20-23.
15. Луцик Я., Буняк Л., Стадник Б. Застосування ультразвукових сенсорів. - Львів, 1998.
16. Худякова Т. А., Крешков А.П. Теория и практика кондуктометрического и хронокондуктометрического анализа. - М., 1975.
17. Контроль влажности радиоспектроскопическим и диэлькометрическим методами. - Фрунзе, 1973.
18. Интернет ресурс: Ємнісний принцип вимірювання вологості - www.hleb.net/humidity/index.htm.
19. Берлинер М. А. Промышленные измерения влажностиметодами СВЧ // Контрольно-измерительная техника. - М 20. - 1979.
20. Касицкий Л.З. Электромагнитный влагомер промышленного назначения // Контрольно-измерительная техника. - М 1. - 1988.
21. Берлинер М. А. О проблемах измерения влажности в промышленности // Контрольно-измерительная техника. - М 30. - 1988.
22. Влагомеры для сельского хозяйства и пищевой промышленности // Экспресс-информация.- Выпуск 11. - 1989.
23. Р 50-070-97. Метрологія. Проби зерна та продуктів його переробки для атестації та перевірки засобів вимірювань вологості. Методика метрологічної атестації.
24. Р 50-073-98. Вологість зерна і продуктів його переробки. Методика виконання вимірювань на зразковій вакуумно-тепловій установці.
25. Р 50077-98. Метрологія. Засоби вимірювань вологості зерна та продуктів його переробки. Методика перевірки.
26. Дубовицкий Л. К. Состояние технических систем и диагностика. – Сб. "Диагностика и идентификация". Рига, Зинатне, 1974. – С. 95-99.

27. Абросимова Е. Б., Лабутин С. А., Лонаткин А. В., Никулин С. М., Петров В. В. Радиоволновые приборы для измерения параметров материалов // Тез. докл. 2 региональной НТК "Приборостроение и автоматизация технологических процессов", Дзержинск, 1996. – 22 с.

28. А.С. 1260303 СССР./ Устройство для измерения влажности сыпучих материалов / С.С. Галушкин, А.Ф. Авдеева, Е.С. Кричевский и А.Н. Чабан – Оpubл. 30.09.86. Бюл. № 36.

29. А.С. 1078304 СССР./ Устройство для измерения влажности сыпучих материалов/ О.А. Протопопов и Г.П. Бобырин – Оpubл. 07.03.84. Бюл. Ш 9.

30. Давыдов П. С, Иванов П. А. Техническое диагностирование авиационного радиоэлектронного оборудования. Учеб. пособие. Московский инст. инж. гражд. авиации. – М.: 1987. – 80 с.

31. Растрин Л. А., Унанян Э. М. О линейной идентификации нелинейного объекта в экстремальных задачах. - Сб. "Диагностика и идентификация". Рига, Зинатне, 1974.- С.110-112.

32. Гельфандбейн Я. А., Колосов Л. В. Оценка вероятностных характеристик идентифицируемых помех и возмущений. – Сб. "Диагностика и идентификация". Рига, Зинатне, 1974. – С. 123-129.

33. Фомин Я. А. Статистическая теория распознавания образов. - М. энергия, 1981.-296 с.

34. Бензарь В. К., Кричевский Е. С, Венедиктов М. В. Теория и практика экспрессного контроля влажности твердых и жидких материалов. М.: Энергия, 1980 - 190 с.

35. Викторов В. А., Лункин Б. В., Совлуков А. С. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов. М.: Энергоатомиздат, 1989. -207 с. 112

36. Кукуш В. Д. Электрорадио-измерения. М.: Радио и связь, 1985.-367 с.

37. Исматуллаев П. Р. СВЧ-преобразователи влажности. Ташкент: Таш.ПИ, 1985. - 55с

ДОДАТКИ