

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Косач Олександр Анатолійович

«На правах рукопису»

УДК 628.477.6

**ВИКОРИСТАННЯ КАРТОННО-ПАПЕРОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО ПРИЙНЯТНИХ ПАПЕРОВИХ ПЛИТ**

Спеціальність 101 «Екологія»

АВТОРЕФЕРАТ

магістерської дисертації на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня
магістра

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України в Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, на кафедрі інженерної екології.

Науковий керівник:

Доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук,
професор кафедри інженерної екології

Кофанова Олена Вікторівна

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

Захист відбудеться «17» грудня 2019 року о 14⁰⁰ годині на засіданні ЕК при Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою 03056, м. Київ, вул. Борщагівська, буд. 115, ауд. 201.

З дисертацією можна ознайомитися у Науково-технічній бібліотеці ім. Г.І. Денисенка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Секретар ЕК

Євтеєва Л.І.

асистент кафедри

інженерної екології ІЕЕ

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. У процесі виробництва картону та паперу утворюються відходи від розпуску макулатури, очистки макулатурної маси, очистки стічних вод, паперової, картонної, гофротарної продукції тощо. Ці відходи в залежності від їх виду підлягають своєчасному видаленню з промайданчиків, зберіганню в спеціально відведених місцях, утилізації чи захороненню на полігонах промислових відходів. Встановлено, що значний обсяг картонно-паперових відходів (зокрема, скопу волокнистого макулатурного) не підлягає переробці чи утилізації, а тому розміщується на полігонах. У середньому за рік на полігони України потрапляє 55 495,36 т волокнистого скопу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська дисертація виконана на кафедрі інженерної екології в Інституті енергозбереження та енергоменеджменту та відповідає вимогам Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» №2697-VIII від 28.02.2019 (введення в дію відбудеться 01.01.2020 року) у сфері поводження з промисловими відходами.

Мета дослідження: розробка технології утилізації волокнистого макулатурного скопу шляхом виробництва екологічно прийнятної паперової плити на його основі.

Для досягнення встановленої мети дослідження необхідно розв'язати наступні **задачі**: здійснити огляд літературних джерел та наукових напрацювань вчених галузі; провести аналіз та дослідження складу, властивостей та характеристик волокнистого скопу для використання останнього в якості наповнювача волокнистої паперової плити; провести аналіз властивостей, характеристик і складу клейових сполук та допоміжних сумішей з метою задоволення ними визначених вимог; розробити концепцію екологічно прийнятної паперової плити з волокнистого скопу та дослідити її фізико-механічні

характеристики; здійснити економічне обґрунтування доцільності виведення на ринок екологічно прийнятної паперової плити на основі волокнистого макулатурного скопу.

Об'єкт дослідження: процес утворення волокнистого скопу внаслідок очищення оборотних вод на локальних очисних спорудах картонно-паперових виробництв.

Предмет дослідження: характеристики та властивості екологічно-прийнятної паперової плити на основі волокнистого скопу.

Методи дослідження: системний аналіз науково-технічної літератури – для огляду способів поводження з волокнистим макулатурним скопом; науковий експеримент та кореляційний аналіз – для визначення фізико-механічних параметрів зразків плит-основ з волокнистого скопу та меламіно-карбамідно-формальдегідної смоли та виявлення залежностей меж їх міцності на вигин і розтяг від складу зразків, притискного зусилля, тривалості пресування тощо; графічний – для наочного аналізу результатів експерименту.

Наукова новизна отриманих результатів: вперше встановлено залежність меж міцності на вигин та розтяг плит-основ з волокнистого скопу та меламіно-карбамідно-формальдегідної смоли від вмісту їх основних складових, притискного зусилля формування та тривалості термічного пресування, що описуються поліномом Лагранжа 4-го степеню.

Практичне значення отриманих результатів полягає у зменшенні обсягів складування волокнистого скопу та можливості використання останнього в якості основи для виробництва екологічно прийнятних плит, придатних для застосування при виробництві меблів та дитячих дощечок для ліплення пластиліну, створення аплікацій тощо.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи викладено на II Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано статтю у збірнику матеріалів II Науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ та тези у збірнику Всеукраїнської науково-практичної конференції «Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2019)».

Обсяг і структура роботи. Магістерська дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів і висновку, викладених на 93 сторінках машинописного тексту, у тому числі містить 8 рисунків, 43 таблиці, список використаних джерел із 51 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та основні задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність результатів дослідження.

У **першому розділі** розглянуто вплив целюлозно-паперової та картонно-паперової промисловості на навколишнє природне середовище через призму утворення відходів, що не підлягають повторному використанню через відсутність технології утилізації. З'ясовано, що в середньому за рік протягом 2017-2018 рр. утворюється близько 55 436 т осаду на локальних очисних спорудах картонно-паперових підприємств (волокнистого скопу). Визначено середній склад волокнистого скопу, що представлено в табл. 1.

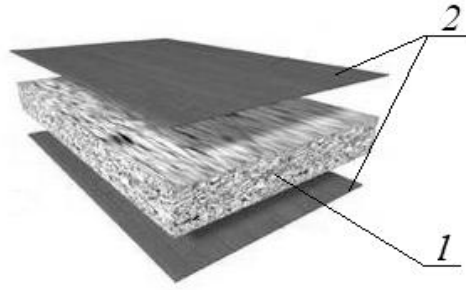
Таблиця 1– Середній склад волокнистого скопу

Назва компоненту	Вміст, %
Целюлоза	48
Геміцелюлоза	23
Лігнін	25
Екстрактивні речовини	3,5
Мінеральні речовини	0,5

Здійснено огляд літературних джерел та наукових напрацювань щодо способів поводження з волокнистим макулатурним скопом. Даним питанням займається багато вітчизняних та закордонних вчених, так наприклад, особливу увагу слід звернути на роботи Гомелі М.Д., Превера А.В., Радовечника В.М., Коваля О.С., Шепелюк І.Р., Семінського О.О. та інших. Зокрема, розглянуто наступні способи поводження з волокнистим скопом: утворення конструктивно-теплоізоляційного виробу на основі золи, що утворюється при спалюванні вугілля на вітчизняних ТЕС і ТЕЦ та волокнистого скопу; отримання біогазу при ферментативному розкладі волокон целюлози та геміцелюлози як органічної сполуки певними видами бактерій; повторне використання у виробництві низькосортних видів картону із застосуванням катіонних флокулянтів типу Phercole 455, Cetag 7563, та Magnafloc 10 та інші. Варто зазначити, що макулатурний скоп може бути використаний у якості зв'язуючого компонента через його волокнисту структуру, оскільки зі зниженням вологості волокна скопу переплітаються між собою внаслідок чого утворюються міцні зв'язки. Наявність лігніну у складі скопу сприяє посиленню його зв'язуючого ефекту.

Завдяки огляду наукових напрацювань встановлено доцільність та перспективність розробки технології утилізації волокнистого макулатурного скопу шляхом виробництва екологічно прийнятних паперових плит на його основі, що обрано за мету дослідження.

У **другому розділі** запропоновано концепцію тришарової структури паперової плити на основі волокнистого скопу, що представлена на рис. 1, з метою визначення вимог щодо характеристик і властивостей та обґрунтування вибору клейових сполук. Склеювання плити, представленої на рис. 1 варто розглядати у дві стадії: утворення основи шляхом одночасного з термічним пресуванням склеювання волокнистого скопу за технологією виробництва деревоволокнистих плит сухим методом та приклеювання вологостійкого покриття з ПВХ плівки до створеної основи.



1 – спресований склеєний скоп (основа); 2 – вологостійке покриття

Рисунок 1 – Структура паперової плити на основі волокнистого скопу

Встановлено властивості та характеристики, якими повинна володіти смола для склеювання волокнистого скопу:

- смола витримує нагрів до 100 °С, тривалість желатинізації до 60 с;
- смола середньої консистенції між густою і рідкою для того щоб волокнистий скоп не коробився від надлишкової вологи, але смола одночасно рівномірно розподілялася по склеюваній поверхні;
- смола володіє хорошими адгезивними властивостями, оскільки склеюється пористий матеріал;
- смола не руйнує волокна целюлози, геміцелюлози, лігніну;
- масова частка вільного формальдегіду у смолі в межах нормативних значень для класу емісії не нижче Е-1;
- смола забезпечує довговічність клейового з'єднання.

В якості склеювальної суміші для створення основи з волокнистого скопу раціонально застосовувати МКФС, що обумовлено низьким рівнем емісії вільного формальдегіду Е-1 (до 0,1% до маси абсолютно сухої паперової плити зі скопу).

Встановлено, що для забезпечення надійного з'єднання плівки ПВХ з пористими спресованими волокнистими поверхнями можливе використання будь яких клеїв, стійких до пресування. Проаналізувавши технології склеювання елементів корпусних меблів під додатковим тиском без нагріву, зокрема

деревостружкових плит з ПВХ плівкою, деревоволокнистих плит з ПВХ плівкою та орієнтовано-стружкових плит з ПВХ плівкою встановлено, що в основному для даного типу з'єднання застосовуються водно-дисперсійні клеї для пресування на ПВА та поліуретановій основі.

У **третьому розділі** висвітлено результати та методи дослідження фізико-механічних характеристик зразків плит-основ з волокнистого скопу, що утворюється на ПрАТ «Київський КПК» та МКФС зі складом, що представлено в табл. 2.

Таблиця 2 – Відсотковий склад зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС

№ зразка	Склад зразка плити-основи, мас. %				
	Целюлоза	Геміцелюлоза	Лігнін	Екстрактивні й мінеральні речовини	МКФС
1	49	23	24	4	0
2	46,55	21,85	22,8	3,8	5
3	44,1	20,7	21,6	3,6	10
4	41,65	19,55	20,4	3,4	15
5	39,2	18,4	19,2	3,2	20
6	36,75	17,25	18	3	25

Завдяки регресійному аналізу результатів експерименту встановлено, що міцність на вигин плити-основи з волокнистого скопу та МКФС залежить від складу її основних компонентів і може бути описана рівнянням багатofакторної регресії:

$$P = 35 - 15,0437x_1 + 0,4238x_2 + 0,3428x_3 + 1,8691x_4 - 0,6372x_5, \quad (1)$$

де P – межа міцності на вигин плити-основи з волокнистого скопу та МКФС, Н/мм²;

x_1 – масова частка целюлози;

x_2 – масова частка геміцелюлози;

x_3 – масова частка лігніну;

x_4 – масова частка екстрактивних та мінеральних речовин;

x_5 – масова частка МКФС.

Встановлено, що для системи «волокнистий скоп – МКФС» залежність межі міцності на вигин плити-основи від вмісту МКФС описується поліномом Лагранжа 4-го степеня:

$$P(x) = 0,00001x^4 - 0,00086x^3 + 0,01489x^2 + 0,02442x + 27,50079, \quad (2)$$

де $P(x)$ – залежність межі міцності на вигин плити від вмісту МКФС, Н/мм²;

x – вміст МКФС у системі, %.

На рис. 2 візуально відображено результати експерименту, описані лінійною та поліноміальною залежностями.

Встановлено, що для зразка плити-основи, що містить 39,2% целюлози, 18,4% геміцелюлози, 19,2% лігніну, 3,2% мінеральних та екстракційних речовин і 20% МКФС залежність межі її міцності на вигин від притискного тиску її формування описується поліномом Лагранжа 4-го степеня:

$$P(x) = 3,34 \times 10^{-6} P_{II}^4 - 2,56 \times 10^{-4} P_{II}^3 + 6,08 \times 10^{-3} P_{II}^2 - 3,42 \times 10^{-2} P_{II} + 29,25, \quad (3)$$

де $P(x)$ – залежність межі міцності на вигин плити від притискного тиску, Н/мм²;

P_{II} – притискне зусилля, Н/мм².

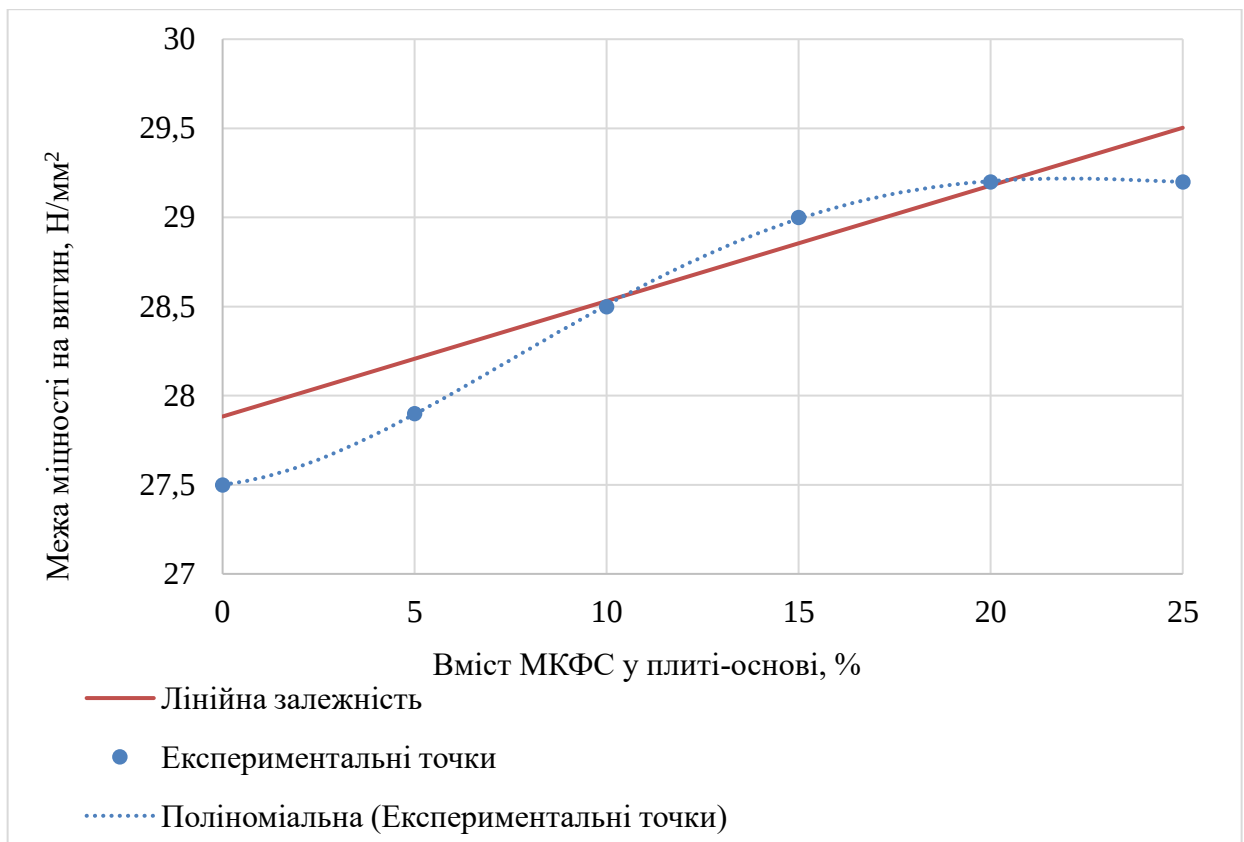


Рисунок 2 – Зміна межі міцності на вигин плити-основи від вмісту МКФС, описана поліномом Лагранжа 4-го степеня та лінійною залежністю

Встановлено, що для зразка плити-основи, що містить 39,2% целюлози, 18,4% геміцелюлози, 19,2% лігніну, 3,2% мінеральних та екстракційних речовин і 20% МКФС залежність межі її міцності на вигин від притискного тиску її формування описується наступним поліномом Лагранжа 4-го степеня:

$$P(x) = 3,34 \times 10^{-6} P_{II}^4 - 2,56 \times 10^{-4} P_{II}^3 + 6,08 \times 10^{-3} P_{II}^2 - 3,42 \times 10^{-2} P_{II} + 29,25, \quad (3)$$

де $P(x)$ – залежність межі міцності на вигин плити від притискного тиску, Н/мм²;
 P_{II} – притискне зусилля, Н/мм².

На рис. 3 візуально відображено зміну межі міцності плити-основи на вигин від притискного зусилля, що описується поліноміальною залежністю.

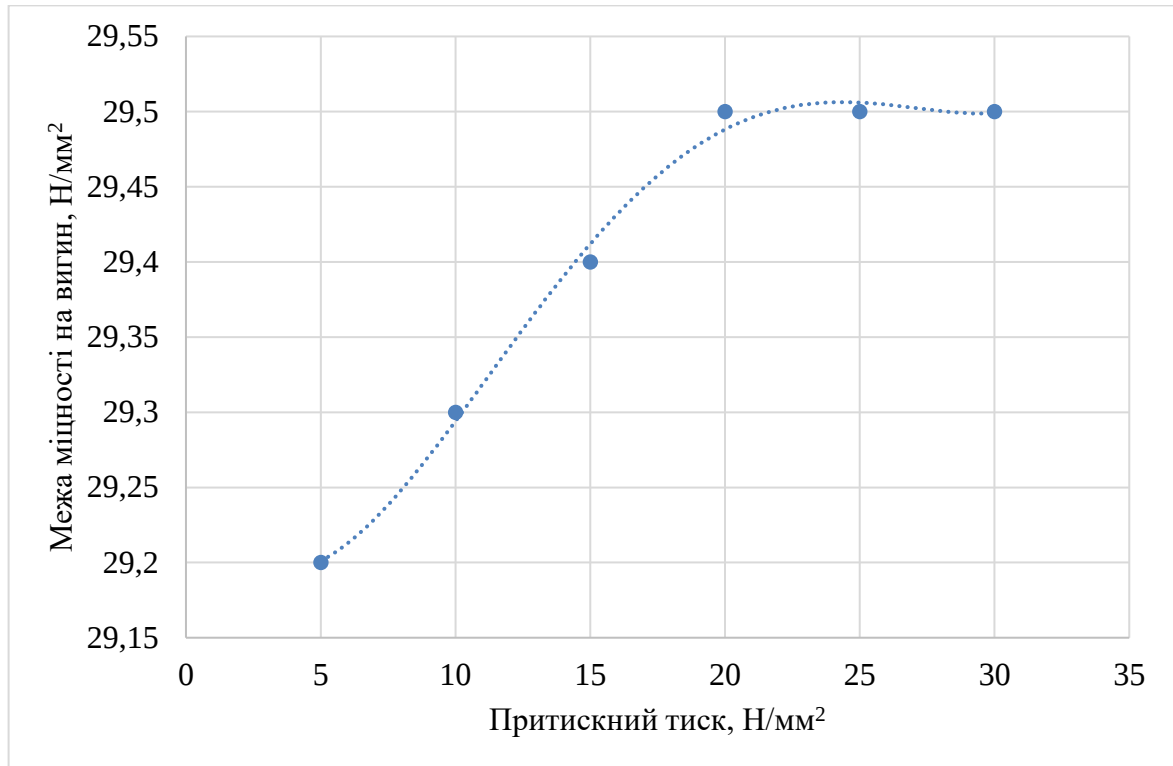


Рисунок 3 – Залежність межі міцності на вигин зразків плит-основ однакового складу від зміни притискного зусилля в інтервалі від 5 Н/мм² до 30 Н/мм²

Залежність міцності зразків плит-основ на вигин від тривалості гарячого пресування в інтервалі 40...90 с найбільш точно описується наступним поліномом Лагранжа 4-го степеню:

$$P(x) = 0,000002x^4 - 0,000604x^3 + 0,056146x^2 - 2,122619x + 55,353571, \quad (4)$$

де $P(x)$ – залежність межі міцності на вигин плити-основи від тривалості термічного пресування, Н/мм²;

x – тривалість термічного пресування, с.

Залежність міцності на розтяг зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС від складу її основних компонентів може бути описана наступним рівнянням багатофакторної регресії:

$$P = 1,3667 - 1,516x_1 + 0,01057x_2 + 0,00855x_3 + 0,0466x_4 + 0,253x_5, \quad (5)$$

де P – межа міцності на розтяг плити-основи з волокнистого скопу та МКФС, Н/мм²;

x_1 – масова частка целюлози;

x_2 – масова частка геміцелюлози;

x_3 – масова частка лігніну;

x_4 – масова частка екстрактивних та мінеральних речовин;

x_5 – масова частка МКФС.

Спростимо склад досліджуваних зразків плит-основ до системи «волокнистий скоп – МКФС». На рис. 4 представлено результати експериментального визначення межі міцності на розтяг для зразків плит-основ з вмістом МКФС від 0% до 25%, а також описано залежність її зміни за допомогою рівняння багатофакторної регресії (4) та поліномом Лагранжа 4-го степеню, що має наступний вигляд:

$$P(x) = -1000x^4 + 522,22x^3 - 85,833x^2 + 5,254x + 0,5988, \quad (5)$$

де $P(x)$ – залежність межі міцності на розтяг плити-основи від вмісту МКФС, Н/мм²;

x – частка МКФС.

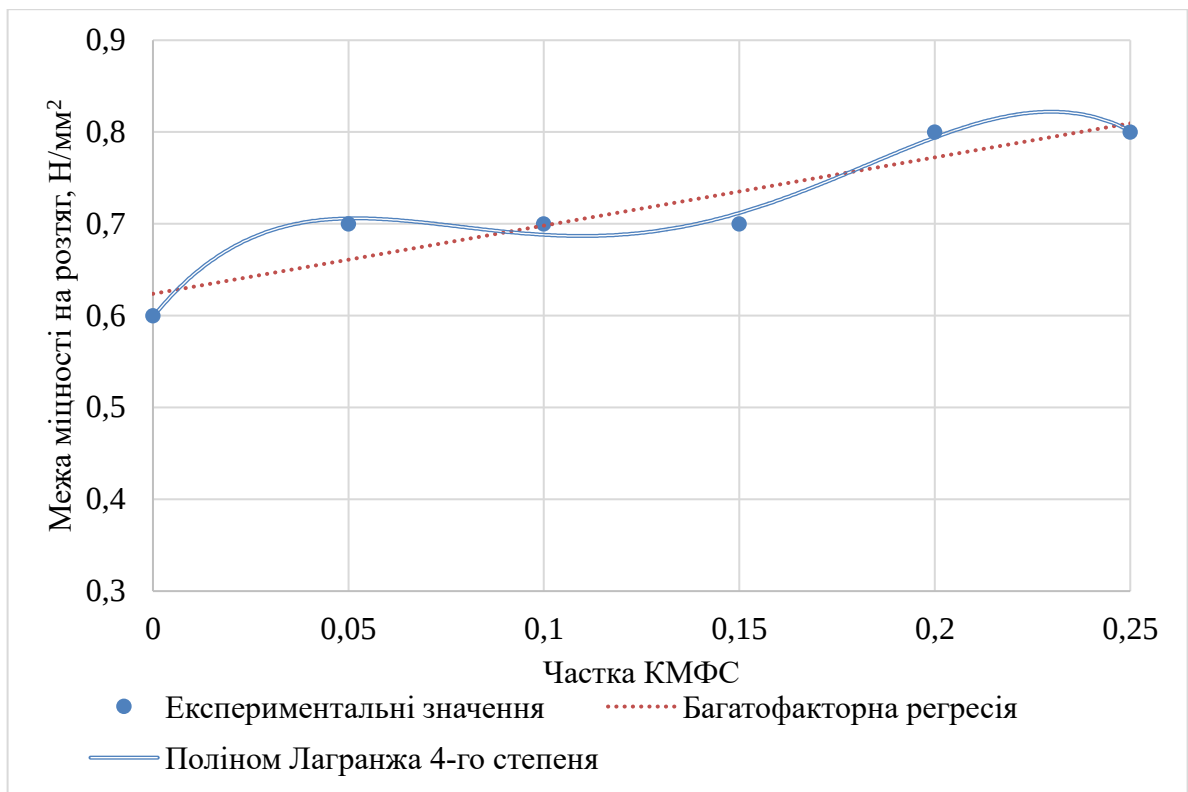


Рисунок 4 – Зміна межі міцності на розтяг зразків плит-основ від вмісту МКФС, представлена лінійною та поліноміальною залежностями

Встановлено, що межа міцності на розтяг зразка плити-основи з волокнистого скопу та МКФС не залежить від притискного зусилля її формування, оскільки зі зростанням притискного тиску в інтервалі від 5 Н/мм² до 30 Н/мм² межа міцності на розтяг досліджуваних зразків складу, ідентичного зразку №5 залишається сталою. Допускаємо, що зазначена залежність може мати місце, проте, наразі за наявного обладнання неможливо зафіксувати даний факт.

Також встановлено, що межа міцності на розтяг зразка плити-основи з волокнистого скопу та МКФС складу, ідентичного зразку №5, залежить від тривалості термічного пресування в досліджуваному інтервалі від 40 с до 90 с (рис. 5) та з величиною вірогідності апроксимації $R^2=1$ описується інтерполяційним поліномом Лагранжа 5-го степеня:

$$P(x) = -4 \cdot 10^{-8} x^5 + 10^{-5} x^4 - 0,0018x^3 + 0,1141x^2 - 3,5658x + 44,2, \quad (6)$$

де $P(x)$ – залежність межі міцності на розтяг зразка плити-основи від тривалості термічного пресування, Н/мм²;

x – тривалість термічного пресування, с.

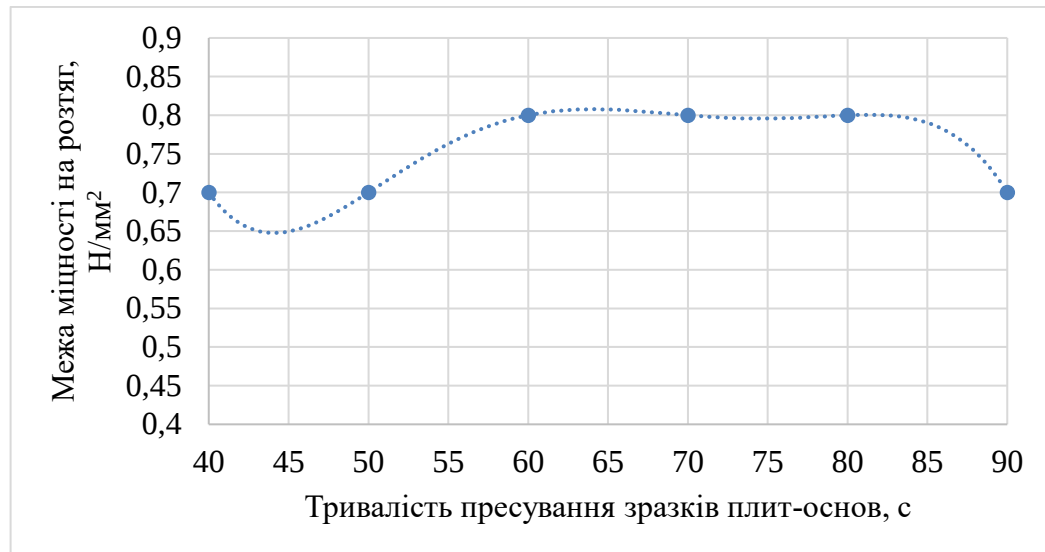


Рисунок 5 – Залежність межі міцності на розтяг зразка плити-основи з волокнистого скопу та МКФС від тривалості термічного пресування, описана інтерполяційним поліномом Лагранжа 5-го степеня

Проведені дослідження фізико-механічних параметрів зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС підтверджують можливість виробництва екологічно прийнятних паперових плит та дозволяють рекомендувати технологію їх створення, яку коротко представлено наступними етапами: формуванням плити-основи; короткотривалим пресуванням суміші з волокнистого скопу та МКФС на термопресі зі сталим притискним зусиллям формування; вилежуванням спресованої плити-основи; проклеюванням верхньої та нижньої площин плити-основи однокомпонентним ПВА або поліуретановим клеєм; приєднанням ПВХ

плівки на верхню та нижню площини плити-основи на термопресі зі сталим притискним зусиллям формування.

Після завершення терміну служби паперової плити з волокнистого скопу та МКФС постає питання необхідності її переробки. Технологія утилізації тришарової екологічно прийнятної паперової плити на основі волокнистого скопу та МКФС з ПВХ плівкою включає наступні етапи: відокремлення ПВХ плівки від плити-основи; утилізація плити-основи; утилізація ПВХ плівки.

Відокремлення ПВХ плівки від плити-основи з волокнистого скопу та МКФС відбувається шляхом нагрівання композиції, внаслідок чого відбувається деструкція ПВА, що супроводжується виділенням оцтової кислоти. При цьому, необхідно враховувати температурний режим відокремлення плівки від плити-основи, що повинен становити не більше 120 °С, оскільки за вищої температури розпочинається процес розкладу ПВХ, що супроводжується деструкцією останнього з виділенням хлористого водню. Варто зауважити, що питання тривалості відокремлення шарів тришарової плити задля найбільш безпечного її розкладу на ПВХ плівку та плити-основу потребує подальших досліджень.

Технологія утилізації плити-основи з волокнистого скопу та МКФС полягає в її механічному подрібненні з подальшим повторним частковим або повним використанням отриманої маси у виробництві нових плит-основ. Після декількох циклів повторного використання подрібненої суміші за умови суттєвого та критичного погіршення характеристик і властивостей готового виробу з останньої доцільно застосовувати її компостування.

Технологія утилізації ПВХ плівок та інших матеріалів на його основі достатньо вивчена та широко використовується через можливість їх неодноразової та практично повної вторинної переробки. Власне, технологія полягає у переведенні ПВХ виробів у гранули у декілька етапів, серед яких сортування ПВХ матеріалів за вмістом домішок, за типом тощо; подрібнення за допомогою спеціального шредера; агломерація для плівки; мийка і сушка суміші; грануляція.

В результаті, гранули є готовою сировиною для виробництва нових виробів з ПВХ, зокрема плівки, пакетів, канцтоварів тощо.

У **четвертому розділі** розроблено стартап-проект, основною ідеєю якого є виробництво тришарових екологічно прийнятних дитячих дощечок на основі волокнистого скопу та МКФС, покритих водостійкою ПВХ плівкою, придатних для ліпки пластиліну та створення аплікацій.

Визначено потенційні можливості та загрози реалізації проекту (табл. 3).

Таблиця 3 – Матриця SWOT-аналізу

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Відповідність продукту міжнародним та державним стандартам типу ДСТУ EN 300-319; 2. Вирішення проблеми відсутності технології утилізації волокнистого скопу; 3. Можливість повної повторної переробки виробу; 4. Багатофункціональність виробу.	1. Вік цільової аудиторії; 2. Відсутність патенту на виріб; 3. Відсутність власних виробничих потужностей, створення яких потребує капіталовкладення; 4. Залежність від компанії-монополіста МКФС в Україні.
Можливості	Загрози
1. Вихід на міжнародний ринок; 2. Доступність інвестицій та кредитів; 3. Можливість адаптації фізико-механічних властивостей виробу для використання останнього в якості будівельного матеріалу тощо	1. Негативні зміни з боку національного законодавства; 2. Наявність значної кількості конкурентів; 3. Негативні демографічні зміни, зокрема, тенденція до зниження народжуваності; 4. Закриття вітчизняних компаній-виробників МКФС та ПВХ плівки.

Обґрунтовано та узагальнено величину необхідних капіталовкладень на реалізацію стартап-проекту (табл. 4).

Таблиця 4 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
Прямі матеріальні затрати:	267 260,64
– витрати сировини й матеріалів за винятком повернутих відходів	221 491,35
– витрати купівельних напівфабрикатів та комплектуючих виробів	6 120,58
– витрати палива й енергії	5 034,66
– інші матеріальні витрати	34 614,0

Продовження таблиці 4

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників:	207 833,51
– заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників	157 449,6
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	15 745,0
– соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22%	34 638,91
Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення:	1 007 870
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	1 007 870
Інші прямі витрати:	276 367,92
– витрати на послуги сторонніх підприємств (охорона, реклама)	156 000,0
– витрати на оплату комунальних послуг	34 614,0
– витрати від браку	4 551,78
– транспортні витрати	81 046,08
Загальновиробничі витрати:	200 292,74
– витрати на управління виробництвом (оплата праці управлінського персоналу всіх підрозділів підприємства разом із податками	141 715,2
– ремонт виробничого обладнання	50 400,0
– витрати на охорону довкілля (збиток та податок)	3 177,54
– витрати на отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин	5 000
Всього капіталовкладень на реалізацію проекту	1 959 624,81

Визначено цільові групи потенційних споживачів (табл. 5).

Таблиця 5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Батьки дітей дошкільного віку	Високий	Висока	Складно
2	Батьки дітей шкільного віку	Середній	Висока	Складно
3	Діти шкільного віку	Середній	Висока	Складно
4	Дорослі, що мають знайомих та родичів дошкільного та шкільного віку	Низький	Висока	Складно
5	Керівники держустанов (дитсадків, художніх шкіл тощо)	Високий	Висока	Складно

Підведено підсумки підготовки інноваційного стартапу та узагальнено основні техніко-економічні показники (табл. 6)

Таблиця 6 – Узагальнюючі техніко-економічні показники

Показники	Значення
Річний випуск продукції, од.	30 000
Капіталовкладення, грн.	2 000 000,0
Собівартість одиниці товару, грн/од.	43,09
Ціна продукту, грн/од.	65,74
Прибуток, грн/міс	284 394,0
Рентабельність, %	27,12
Коефіцієнт економічної ефективності	0,142
Період повернення капіталовкладень, років	7,03

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що волокнистий макулатурний скоп може бути використаний як в'язучий компонент завдяки його волокнистій структурі, оскільки зі зниженням вологості волокна скопу переплітаються між собою, внаслідок чого утворюються міцні зв'язки. Наявність лігніну у складі скопу сприяє посиленню його зв'язуючого ефекту.

2. Встановлено доцільність застосування МКФС як склеювальної суміші для створення основи з волокнистого скопу, що обумовлено низьким рівнем емісії вільного формальдегіду Е-1 (до 0,1% до маси абсолютно сухої паперової плити зі скопу). Обґрунтовано доцільність застосування однокомпонентного водно-емульсійного клею на ПВА та поліуретановій основі як склеювальної суміші для з'єднання ПВХ плівки зі спресованою паперовою плитою зі скопу.

3. Встановлено залежності фізико-механічних параметрів, зокрема, меж міцності на вигин та розтяг зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС від вмісту їх основних складових (целюлози, геміцелюлози, лігніну, мінеральних та екстракційних речовин і МКФС), притисного зусилля формування та тривалості

термічного пресування, що описуються поліномом Лагранжа 4-го ступеню, а залежність межі міцності на розтяг від тривалості термічного пресування – поліномом Лагранжа 5-го ступеню.

4. Визначено, що для плити-основи, що складається з 39,2% целюлози, 20% МКФС, 19,2% лігніну, 18,4% геміцелюлоз та 3,2% мінеральних і екстракційних речовин, досягаються найбільша межа міцності на вигин ($29,5 \text{ Н/мм}^2$) та розтяг ($0,8 \text{ Н/мм}^2$) вже за формувального тиску 20 Н/мм^2 та тривалості термічного пресування 60 с при температурі 100°C .

5. Запропоновано технологію утилізації волокнистого макулатурного скопу, що полягає у виробництві тришарової екологічно прийнятної паперової плити на його основі з МКФС наступного складу: 39,2% целюлози, 20% МКФС, 19,2% лігніну, 18,4% геміцелюлоз та 3,2% мінеральних і екстракційних речовин. Обґрунтовано покриття плити-основи з волокнистого скопу та МКФС ПВХ плівкою для підвищення вологостійкості останньої та зниження емісії вільного формальдегіду у навколишнє середовище.

6. Обґрунтовано економічну доцільність запуску виробництва нового товару на ринку – багатофункціональної дощечки з волокнистого скопу, МКФС та ПВХ плівки для ліплення пластиліну та створення аплікацій. Період повернення капіталовкладень, що становлять 2 000 000 грн за річного випуску продукції 30 000 од., складе 7,03 років. Щорічний нормативний прибуток від запуску стартап-проекту складе 284 394,0 грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Тези доповідей на науково-практичних конференціях:

1. Косач О.А. Залежність міцності паперової плити на основі волокнистого скопу від її основних складових. Наукові праці КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІЕЕ.: збірник тез доповідей II наук.-техн. конф. Магістрантів ІЕЕ. Київ, 2019. 47 с.

2. Косач О.А. Виробництво екологічно прийнятних паперових плит як технологія утилізації волокнистого макулатурного скопу. Новітні технології сучасного суспільства : матеріали Всеукр. Наук.-практ. конф., 12 груд. 2019. Чернігів, 2019. С. 17.

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація присвячена обґрунтуванню можливості утилізації волокнистого макулатурного скопу шляхом виробництва екологічно прийнятних паперових плит на його основі. Проведено аналіз властивостей, характеристик і складу волокнистого скопу та клейових сумішей. Запропоновано концепцію екологічно прийнятної тришарової плити з волокнистого скопу та МКФС, покритої ПВХ плівкою.

Встановлено залежності межі міцності на вигин зразків плит-основ з волокнистого скопу від зміни їх складу, притискного зусилля формування та тривалості термічного пресування, що описуються поліномами Лагранжа 4-го степеню; залежності меж міцності на розтяг зразків плит-основ з волокнистого скопу від зміни їх складу та тривалості термічного пресування, що описуються інтерполяційним поліномом Лагранжа відповідно 4-го та 5-го степеню.

Розроблено стартап-проект, основною ідеєю якого є виробництво тришарових екологічно прийнятних дитячих дощечок на основі волокнистого скопу, придатних для ліпки пластиліну та створення аплікацій. Розраховано, що для запуску проекту необхідно 2 млн. грн інвестицій, термін окупності яких складе 7,03 років.

Ключові слова: макулатура, волокнистий скоп, утилізація, формальдегідна смола, межа міцності на вигин, межа міцності на розтяг, рециклінг.

ANNOTATION

The master's dissertation is devoted to substantiation of the possibility of utilization of fibrous osprey by production of environmentally friendly paper plates on its basis. The properties, characteristics and composition of fibrous osprey and adhesive mixtures were analyzed. The concept of environmentally friendly three-layer fiberboard plate with MURF covered with PVC sheeting is proposed.

The dependences of the flexural strength of the specimens of the fibrous osprey base plates on the change of their composition, the clamping force of formation and the duration of thermal pressing are established and described by Lagrange polynomials of the 4th degree; the dependences of the tensile strengths of specimens of the fibrous osprey base plates on the change in their composition and the duration of thermal compression are established, which are described by the Lagrangian interpolation polynomial of the 4th and 5th degrees accordingly.

A start-up project has been developed, the main idea of which is the production of three-layer environmentally acceptable children's scrapbooks based on fibrous osprey, suitable for clay modeling and creating applications. It is estimated that 2 million UAH of investments are necessary for launching the project, the payback period of which is approximately 7,03 years.

Keywords: waste paper, fibrous osprey, recycling, formaldehyde resin, flexural tensile strength, tensile strength, recycling.

Косач Олександр Анатолійович

**Використання картонно-паперових відходів для виробництва екологічно
прийнятних паперових плит**

101 – Екологія

(Автореферат)