

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра інженерної екології

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК: 628.477.6

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Ткачук К.К.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 101 «Екологія», «Інженерна екологія та ресурсозбереження»

на тему: «Використання картонно-паперових відходів для виробництва екологічно прийнятних паперових плит»

Виконав: студент 2 курсу, групи ОЗ-81мп
(шифр групи)

Косач Олександр Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник проф., д.пед.н., к.хім.н. Кофанова О.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант стартап-проекту доц., к.т.н. Шевчук Н.А.

(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент доц., к.хім.н. Василькевич О.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019

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

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Інженерної екології
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 101 Екологія
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ткачук К.К.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Косачу Олександрю Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Використання картонно-паперових відходів для виробництва екологічно прийнятних паперових плит»,
науковий керівник дисертації Кофанова О.В., д.пед.н., к.хім.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від «04» листопада 2019 р. № 3814-с
2. Строк подання студентом дисертації 10 грудня 2019 р.
3. Об'єкт дослідження процес утворення волокнистого скопу внаслідок очищення оборотних вод на локальних очисних спорудах картонно-паперових виробництв.
4. Предмет дослідження характеристики та властивості екологічно-прийнятної паперової плити на основі волокнистого скопу.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити огляд існуючих способів поводження з волокнистим скопом; аналіз та дослідження складу, властивостей та

характеристик волокнистого скопу для використання останнього в якості наповнювача паперової плити; розробка концепції екологічно прийнятної паперової плити та дослідження її фізико-механічних характеристик; розробка стартап проекту.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу технологічна схема очистки стічних вод підприємствами картонно-паперової промисловості; технологічна схема переробки макулатури; концепція тришарової структури плити з волокнистого скопу; графіки-залежності характеристик та властивостей зразків плит-основ на основі волокнистого скопу.

7.Орієнтовний перелік публікацій стаття у збірнику матеріалів II Науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Репін Микола Володимирович		
Стартап-проект	Шевчук Наталія Анатоліївна		

9. Дата видачі завдання: «02» вересня 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд існуючих способів поводження з волокнистим скопом	02.09.2019 – 18.09.2019	виконано
2	Аналіз складу, властивостей та характеристик волокнистого скопу	19.09.2019 – 24.09.2019	виконано
3	Обґрунтування вибору скріплювальних сполук для паперової плити	25.09.2019 – 03.10.2019	виконано
4	Розроблення концепції екологічно прийнятної паперової плити з волокнистого скопу	04.10.2019 – 28.10.2019	виконано
5	Встановлення та опис залежностей фізико-механічних параметрів зразків плит від їх складу, притискного зусилля та інших параметрів	29.10.2019 – 23.11.2019	виконано
6	Розроблення стартап-проекту	24.11.2019 – 02.12.2019	виконано

Студент

_____ (підпис)

Косач О.А.
(прізвище, ініціали)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Кофанова О.В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить 93 сторінки, 8 ілюстрацій, 43 таблиці та 51 джерело за переліком посилань.

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 проммайданчиків, 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 [1,2].

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 **завдання:**

– здійснити огляд літературних джерел та наукових напрацювань за темою дослідження;

- провести аналіз та дослідження складу, властивостей та характеристик волокнистого скопу для використання останнього як 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: 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 ступеню.

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)».

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МАКУЛАТУРА, ВОЛОКНИСТИЙ СКОП, УТИЛІЗАЦІЯ, ФОРМАЛЬДЕГІДНА СМОЛА, МЕЖА МІЦНОСТІ НА ВИГІН, МЕЖА МІЦНОСТІ НА РОЗТЯГ, РЕЦИКЛІНГ.

ABSTRACT

The master's dissertation contains 93 pages, 8 illustrations, 43 tables and 51 sources according to the list of references.

Actuality of theme. The production of cardboard and paper produces waste. Depending on their type, this waste is subject to timely removal from industrial sites, storage in designated areas, recycling or disposal at industrial landfills. It is established that a significant amount of cardboard and paper waste (in particular, fibrous osprey) is not recyclable, and therefore it's placed on landfills. On average 55 495,36 tonnes of fibrous osprey hits Ukraine's landfills per year [1,2].

Relationship of work with scientific programs, plans, themes. The Master's dissertation is executed in accordance with the Fundamental Principles (strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine for the Period up to 2030 (Law of Ukraine №2697-VIII from 28.02.2019).

The purpose of the work is to develop a technology for recycling fibrous osprey by producing an environmentally friendly paper plate based on it.

To achieve this goal, the following **research tasks** are defined: to review of the literature and scientific achievements of the scientists of the field; to analyze and study the composition, properties and characteristics of fibrous osprey for using it as a filler of fibrous paper plate; to analyze the properties, characteristics and composition of adhesive compounds and admixtures in order to meet the considered requirements; to develop a concept of environmentally friendly paper plate based on fibrous osprey; to substantiate the economic feasibility of introducing an environmentally friendly paper plate based on fibrous osprey.

The object of the research is the process of formation of fibrous osprey as a result of waste water treatment of cardboard and paper industries.

The subject of research is characteristics and properties of environmentally friendly paper plate based on fibrous osprey.

Research methods: systematic analysis of scientific and technical literature – to review the methods of treatment with fibrous osprey; scientific experiment and correlation analysis – to determine the physical and mechanical parameters of specimens of fibrous osprey and melamine-urea-formaldehyde resin and to identify the dependences of their flexural and tensile strength on the composition of the specimens, clamping force, and duration of pressing; graphical – for visual analysis of the results of the experiment.

Scientific novelty of the research: for the first time the dependence of the flexural strength and tensile strength of fibrous osprey and melamine-urea-formaldehyde resin on the content of their main constituents, the compression force of the molding and the duration of thermal pressing are established and described by the fourth degree Lagrange polynomial.

The practical value of the obtained results is to reduce the volume of fiber osprey storage and the possibility of using the latter as a basis for the production of environmentally friendly plates, suitable for usage in the manufacture of furniture and children's boards for plasticine molding, creating applications etc.

Approbation of the results of the dissertation. The results of the researches were published in the materials of the IInd Scientific and Technical Conference of the Master's students of the Energy Saving and Energy Management Institute (based on the results of the dissertation researches of the undergraduate students).

Publications. The results of the researches were published in the collection of materials of the IInd Scientific and Technical Conference of the Master's students of the Energy Saving and Energy Management Institute (based on the results of the dissertation researches of the undergraduate students) and a thesis in the collection of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference “Modern Technologies of Modern Society (NTSS-2019)”.

KEYWORDS: WASTE PAPER, FIBROUS OSPREY, RECYCLING, FORMALDEHYDE RESIN, FLEXURAL TENSILE STRENGTH, TENSILE STRENGTH, RECYCLING.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	11
ВСТУП.....	12
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА НАУКОВИХ НАПРАЦЮВАНЬ ЩОДО СПОСОБІВ ПОВОДЖЕННЯ З ВОЛОКНИСТИМ СКОПОМ.....	15
1.1 Загальні відомості про целюлозно-паперову галузь України та причини утворення волокнистого скопу на водоочисних спорудах галузі.....	15
1.2 Відходи целюлозної промисловості України.....	16
1.3 Відходи картонно-паперової промисловості України.....	17
1.4 Склад волокнистого скопу.....	23
1.5 Способи поводження з волокнистим скопом.....	25
Висновки до розділу 1.....	32
2 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КЛЕЙОВИХ СПОЛУК.....	33
Висновки до розділу 2.....	40
3 ВИРОБНИЦТВО ЕКОЛОГІЧНО ПРИЙНЯТНИХ ПАПЕРОВИХ ПЛИТ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВОЛОКНИСТОГО МАКУЛАТУРНОГО СКОПУ.....	41
3.1 Дослідження залежності міцності на вигин зразка плити-основи з волокнистого скопу від зміни його складу.....	41
3.2 Дослідження залежності міцності на вигин плити-основи від притискного зусилля її формування.....	45
3.3 Дослідження залежності міцності зразків плит-основ на вигин від тривалості гарячого пресування.....	48
3.4 Дослідження залежності міцності на розтяг зразків плит-основ від зміни їх складу.....	51
3.5 Дослідження залежності міцності на розтяг плити-основи з волокнистого скопу та МКФС від притискного зусилля її формування та тривалості термічного пресування.....	54
3.6 Технологія виробництва тришарової екологічно прийнятної паперової плити на основі волокнистого скопу.....	56
3.7 Утилізація тришарової екологічно прийнятної паперової плити на основі волокнистого скопу.....	57
Висновки до розділу 3.....	59

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	61
4.1 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту.....	61
4.2 Аналіз конкурентного середовища.....	62
4.3 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту.....	64
4.4 Ключові види діяльності та ключові партнери.....	65
4.5 Фінансове обґрунтування стартап-проекту.....	66
4.5.1 Прямі матеріальні витрати.....	67
4.5.2 Витрати на оплату праці.....	68
4.5.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань.....	70
4.5.4 Інші прямі витрати.....	70
4.5.5 Загальновиробничі витрати.....	71
4.5.6 Умовно-змінні витрати.....	71
4.5.7 Умовно-постійні витрати.....	72
4.5.8 Накладні витрати.....	73
4.5.9 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап- проекту.....	73
4.6 Обґрунтування рівня рентабельності інноваційної ідеї.....	73
4.7 Обґрунтування вартості виробництва інноваційного продукту.....	74
4.8 Цільові групи потенційних споживачів.....	76
4.9 Канали збуту.....	77
4.10 Бізнес-модель проекту.....	77
4.11 Аналіз ризиків стартап-проекту.....	78
4.12 Оцінка ефективності впровадження стартап-проекту.....	82
Висновки до розділу 4.....	85
ВИСНОВКИ.....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	88

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- ВАТ – відкрите акціонерне товариство;
ГДК – граничнодопустима концентрація;
КПК – картонно-паперовий комбінат;
КПФ – картонно-паперова фабрика;
КФ – карбамідоформальдегід;
КФС – карбамідно-формальдегідна смола;
МКФ – меламінокарбамідоформальдегід;
МКФС – меламіно-карбамідно-формальдегідна смола;
ПАТ – публічне акціонерне товариство;
ПВА – полівінілацетат;
ПВХ – полівінілхлорид;
ПрАТ – Приватне акціонерне товариство;
ПФ – паперова фабрика;
ТЕС – теплоелектростанція;
ТЕЦ – теплоелектроцентрально;
ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю.

ВСТУП

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 [1,2].

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 завдання:

- здійснити огляд літературних джерел та наукових напрацювань за темою дослідження;
- провести аналіз та дослідження складу, властивостей та характеристик волокнистого скопу для використання останнього як 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: 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 ступеню.

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)».

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА НАУКОВИХ НАПРАЦЮВАНЬ ЩОДО СПОСОБІВ ПОВОДЖЕННЯ З ВОЛОКНИСТИМ СКОПОМ

1.1 Загальні відомості про целюлозно-паперову галузь України та причини утворення волокнистого скопу на водоочисних спорудах галузі

Сучасну целюлозно-паперову галузь України умовно можна розподілити на дві групи відповідно до типів сировини, які останні використовують. Роль першої групи полягає у створенні повноцінної сировини для галузі – целюлози. Основою для виробництва целюлози слугує деревина як хвойних, так і листяних порід. Основні способи переробки деревини в целюлозу – сульфатний процес і сульфітна варка. Виготовленням целюлози в Україні займаються ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат», ВАТ «Ізмаїльський целюлозно-картонний комбінат» та ВАТ «Луцький картонно-рубероїдний комбінат».

Роль другої групи полягає у повторному використанні полімерної сировини як альтернативи целюлозі – макулатури – вторинного рослинного волокна. Переробкою макулатури в Україні займаються ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», ТОВ «Понінківська картонно-паперова фабрика – Україна», ПрАТ «Малинська паперова фабрика – Вайдманн», ПрАТ «Картонно-Паперова Компанія», ТОВ «Дніпропетровська паперова фабрика» та інші підприємства, вони разом об'єднані вітчизняною асоціацією «Укрпапір».

Відомо, що целюлозно-паперова галузь надзвичайно водоемна – в середньому на 1 т паперу витрачається до 60 м³ води [3]. Важливо зазначити, що стічні води підприємств (особливо картонних і паперових) завжди волокновмісні, тому технологічна схема з їх очистки проектується таким чином, щоб забезпечувалось вилучення сторонніх речовин і сполук, зокрема і волокон рослинних полімерів для відповідності стоків встановленим рівням ГДК. Однією зі сполук, що вилучаються з очисних споруд є волокнистий скоп.

1.2 Відходи целюлозної промисловості України

Для аналізу утворення відходів целюлозної промисловості розглянемо технологічний процес виробництва целюлози в Україні, що як правило зводиться до наступних етапів:

- заготовки деревини хвойних та листяних порід дерев;
- переробки деревини в технічну щепу;
- варіння целюлози;
- приготування хімічних реагентів та їх регенерація з подальшим повторним використанням;
- очистки стічних вод промисловості.

Під час заготовки та переробки деревини утворюються відходи, серед яких гілки та вершини дерев, обрубки стволів, кора та тирса. Усі зазначені відходи є повноцінною сировиною, тому в повній мірі переробляються деревообробними підприємствами.

Під час варіння целюлози утворюється непровар, що містить вкраплення смоли, грубі волокна та мінеральні домішки у вигляді піску тощо. За даними Держстату [1] встановлено, що за 2018 рік на полігони складовано 2194,861 т непровару, що не може бути використаний за призначенням.

Під час приготування хімічних реагентів для варіння целюлози утворюються рідкі агресивні сполуки, які в подальшому відновлюються для повторного використання в технологічному процесі.

Найбільша кількість відходів при виробництві целюлози утворюється внаслідок очистки стічних вод, серед яких сміття, затримане решітками механічної системи очистки стоків, осад з пісковловлювачів та надлишковий активний мул біологічної системи очистки стоків. Сміття включає крупний пластик, скло, ганчір'я, металеві включення тощо. Осад з пісковловлювачів містить каміння, пісок та органічні речовини. За даними [1] встановлено, що за 2018 рік утворено та вивезено на полігони до 8361,43 т відходів очищення

стічних вод та до 122,9 т надлишкового активного мулу (включаючи підприємства картонно-паперової промисловості).

Таким чином, на промислових полігонах України внаслідок діяльності підприємств целюлозної галузі протягом 2018-го року складовано 10679,191 т промислових відходів.

1.3 Відходи картонно-паперової промисловості України

На відміну від целюлозної промисловості, картонно-паперова орієнтована на переробку вторинної сировини, що обумовлює утворення більшої кількості відходів виробництва в порівнянні з першою групою підприємств. Головною особливістю вторинної сировини є те, що остання щонайменше один раз пройшла повний цикл переробки. Відомо, що переробка макулатури характеризується частковою утратою папероутворювальних властивостей, що проявляється у скороченні волокон, зниженні здатності до набухання, частковій втраті еластичності тощо. Звідси випливає неможливість переробки вторинної сировини нескінченну кількість разів.

Вагомою особливістю макулатури є наявність у ній так званих забруднень – речовин неволокнистої природи. В табл. 1.1 приведено відсотковий вміст сторонніх включень, що містяться у вторинній сировині.

Таблиця 1.1 – Макулатура та її сторонні включення [4]

Назва включення	Вміст, %
Макулатура	87
Текстиль	5
Органічні речовини	4,4
Плівки	2,2
Пластмаса	0,6
Метал	0,5
Деревина	0,2
Інші	0,1

Отже, кількість сторонніх включень у вторинному волокні становить 13%. Тому вторинна сировина потребує очистки, внаслідок якої відокремлюються забрудники.

З відходоутворювальної точки зору у картонно-паперовому виробництві найбільш важливе значення мають два взаємопов'язані процеси:

- процес переробки макулатури;
- процес очистки стічних вод.

На рис. 1.1 представлена типова для підприємств другої групи схема переробки макулатури.

Стадія № 1 включає розпуск макулатури на волокна; грубу очистку від домішок і їх сортування на важкі відходи, до яких відносяться металеві та скляні елементи, пісок, та легкі забруднення, до яких відносяться пінопласт та фрагменти деревини тощо; сортування відходів, внаслідок чого частина волокна повертається на стадію розпуску, а легкі відходи відокремлюються; та дорозпуск макулатури, де відділяються легкі та важкі відходи.

Стадія № 2 за своєю суттю є дублюванням першої стадії, на цьому етапі попередньо очищені волокна вторинної сировини проходять тонку очистку, де практично в повній мірі відділяються легкі та важкі відходи. На стадії попередньо оброблене вторинне волокно завдяки процесам фракціонування, згущення, термодисперсійної обробки, розмелення та акумулювання розділяється на дві фракції – коротковолокнисту та довговолокнисту.

Враховуючи пряму залежність якості картону та паперу від довжини волокна, довговолокниста фракція в подальшому використовується при виробництві картонно-паперової продукції вищого рівня в порівнянні з коротковолокнистою, що часто є допоміжною сировиною і в невеликих кількостях додається до довговолокнистої з метою заощадження сировини та мінімізації відходів виробництва.

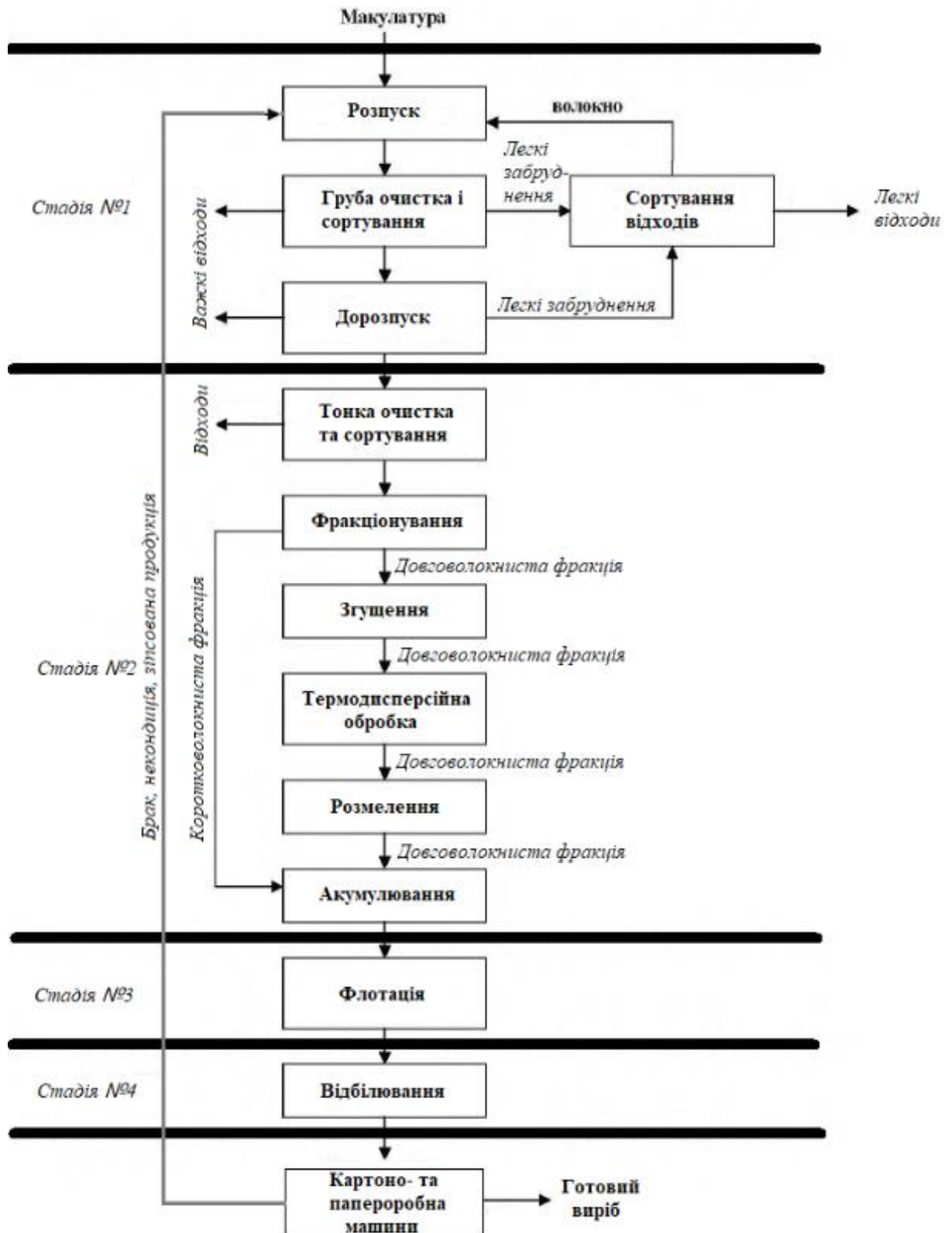


Рисунок 1.1 – Загальна технологічна схема переробки макулатури на підприємствах другої групи

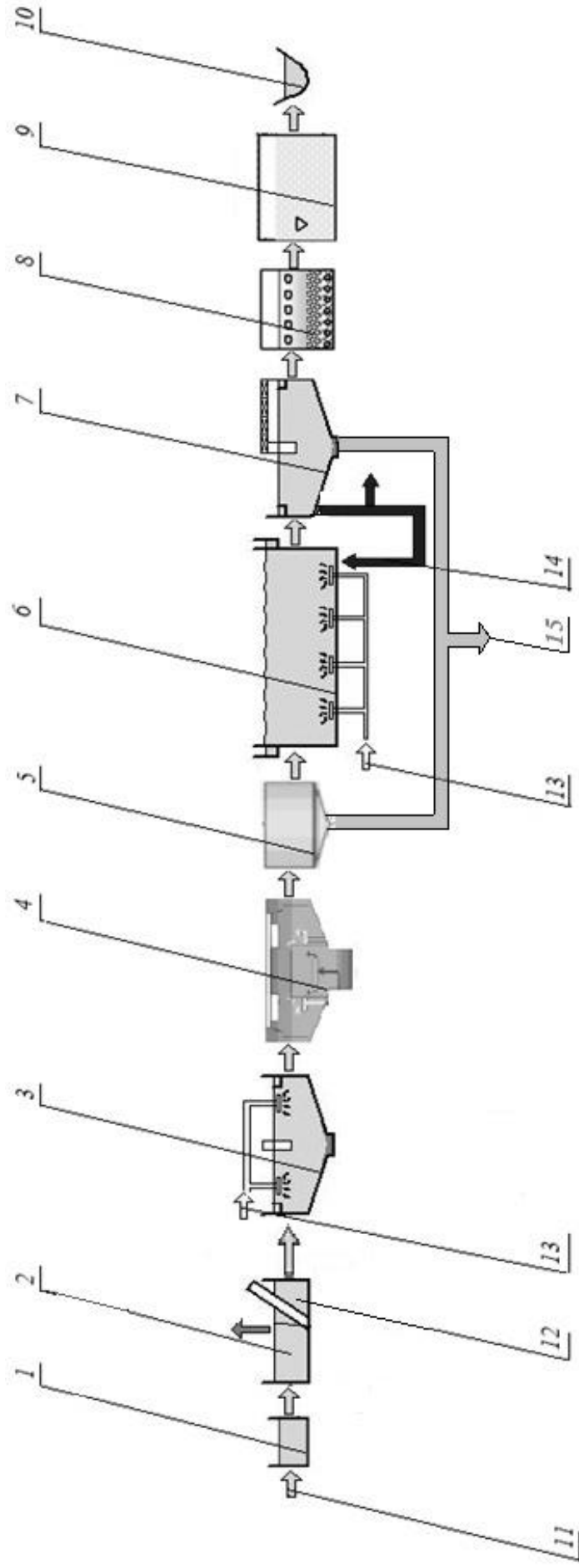
Таким чином, перші дві стадії являють собою комплекс механічної переробки вторинної сировини і є найбільшими відходоутворювачами даного процесу, оскільки за даними Держстату [1], протягом 2018-го року утворено та вивезено на промислові полігони 20943,504 т відходів очищення у процесі рециркуляції паперу та картону.

Як було зазначено, істотним недоліком макулатури є наявність в останній тонера і фарб. Оскільки механічна переробка вторинної сировини не здатна відділити раніше зазначені сполуки, широкого застосування набула хімічна обробка, представлена стадіями № 3 та № 4.

Стадія № 3 являє собою видалення тонера та друкарської фарби з макулатури завдяки методу пінної флотації, коли на межі розподілу фаз «рідина (макулатура, вода, фарба, тонер) – газ (повітря)» адсорбуються поверхнево-активні речовини. Бульбашки повітря, що спливають, утворюють стійку піну, що затримує в собі тонер та друкарську фарбу. Варто зазначити, що для проходження процесу флотації використовуються флотаційні агенти, без яких відокремлення такого роду забруднювачів було б неможливим. Встановлено, що протягом 2018-го року утворено та складовано на промислових полігонах разом 972,968 т залишків фарб та поліграфічного тонера [1], з яких залишки фарб на водній основі становлять 0,157% від загальної кількості; залишки фарб, що не містять галогенові розчинники – 99,792%, що містять – 0,017%; залишки поліграфічного тонера – 0,028%.

Стадія № 4 являє собою процес відбілювання або знебарвлення волокнистої маси з використанням відбілювачів. При цьому, відходи виробництва вивезенню на полігони промислових відходів не підлягають.

Розглянемо з відходоутворювальної точки зору типову для України технологічну схему водоочистки стічних вод підприємств другої групи з метою встановлення причин утворення скопу (рис. 1.2).



1 – вода на очистку; 2 – барабанна решітка; 3 – первинний відстійник або усереднювач з турбоаераторами;

4 – коагулятор; 5 – флотатор; 6 – аеротенк; 7 – вторинний відстійник; 8 – фільтр; 9 – знезаражувач води;

10 – водойма або повторне водокористування (для замкненого циклу); 11 – стоки на очистку; 12 – грубе сміття;

13 – повітря; 14 – активний мул; 15 – вологий волокнистий скоп

Рисунок 1.2 – Загальна технологічна схема очистки стічних вод підприємств другої групи

Перше, з чим стикається вода, що подається на очистку – комплекс решіток барабанного типу. На цьому етапі затримується крупне сміття, що включає:

- залишки клейкої стрічки – 22,658 т/рік;
- залишки плівки – 211,52 т/рік [1].

Комплекс із первинного відстійника та коагулятора покликаний затримувати та відокремлювати шлам фарб, що містять галогенові розчинники, фарб на водяній основі, фарб, що не містять галогенові розчинники та затверділих друкарських фарб сумарно в кількості 74,584 т за 2018 рік [1].

Комплекс із аеротенка з вторинними відстійниками забезпечує повну біологічну очистку стічних вод підприємств целюлозно-паперової галузі за рахунок роботи активного мулу. Протягом 2018-го року, відповідно до даних Держстату [1], утворено та вивезено на промислові полігони 122,9 т надлишкового активного мулу.

Комплекс флотаційних установок у зв'язці із вторинними відстійниками забезпечує відокремлення волокон рослинних полімерів зі стічних вод, що надходять на очистку. Внаслідок роботи комплексу протягом 2018-го року за даними Держстату[1], утворено 55436,132 т волокнистого скопу, накопиченого на очисних спорудах.

Отже, враховуючи вищезазначене, найбільші обсяги відходів картонно-паперової промисловості, що не можуть бути утилізовані чи використані повторно та підлягають своєчасному видаленню з виробничих майданчиків і вивезенню на полігони промислових відходів складають:

- волокнистий скоп – 55436,132 т/рік;
- відходи очищення стічних вод – 8361,43 т/рік;
- непровар – 2194,861 т/рік;
- залишки та шлам фарб, зокрема друкарських – 972,968 т/рік.

Оскільки встановлено, що відходів волокнистого скопу за рік утворюється в п'ять разів більше аніж інших вищезазначених відходів разом взятих, в

подальшому зупинимось на вивченні його складу, характеристик та властивостей.

1.4 Склад волокнистого скопу

Склад волокнистого скопу визначається видом вторинної сировини, що переробляється. Оскільки часто макулатура являє собою різні співвідношення паперу з картоном, що переробляються підприємствами другої групи, то і скоп в результаті отримується з різним співвідношенням складових.

Прийнято вважати, що волокнистий скоп є поєднанням трьох складових частин: волокнистої, мінеральної та нерозчинної. До волокнистої частини відноситься целюлоза та геміцелюлоза, до мінеральної – мінеральні речовини, домішки, хімічні сполуки тощо, до нерозчинної – лігнін та екстрактивні речовини.

Целюлоза у скопі – це якісне волокно, в якому проте міститься велика кількість дрібного волокна та його обривків, що суттєво відображається на якості паперу та картону. Геміцелюлоза – складні полісахариди, молекули яких містять пентози, гексози, а також уронові кислоти [5]. Лігнін – компонент зі складним достеменно точно не відомим хімічним складом [5], що заповнює простір між волокнами целюлози, таким чином забезпечуючи міцність скопу та його нерозчинність у воді. Екстрактивні речовини у скопі представлені сумішшю ароматичних з'єднань, а мінеральні речовини – в основному карбонатом кальцію.

З [3] відомо, що серед підприємств другої групи, що займаються переробкою макулатури в Україні, ПрАТ «Київський КПК» переробляє не менше 30% останньої, при цьому утворюючи та розміщуючи на промисловому полігоні щонайменше 18 478,526 т волокнистого скопу в рік. Відповідно до висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи № 12.2-18-1/12489 від 07.06.2019 р. скоп волокнистий макулатурний, що утворюється на

підприємстві, відповідає встановленим медичним показникам та критеріям безпеки та має склад, представлений у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Склад волокнистого скопу, що утворюється внаслідок переробки макулатури на ПрАТ «Київський КПК» [6]

Назва компоненту	Вміст, %
Целюлоза	49
Геміцелюлоза	23
Лігнін	24
Екстрактивні речовини	3,6
Мінеральні речовини	0,4

З [3] відомо, що серед підприємств другої групи, що займаються переробкою макулатури в Україні, ПАТ «Кохавинська ПФ» переробляє не менше 14% останньої, при цьому утворюючи та розміщуючи на власному промисловому полігоні щонайменше 7 761,05 т волокнистого скопу в рік. Відповідно до висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи № 12.2-18-1/13295 від 19.02.2019 р. скоп волокнистий макулатурний, що утворюється на підприємстві, відповідає встановленим медичним показникам та критеріям безпеки та має склад, представлений у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Склад волокнистого скопу, що утворюється внаслідок переробки макулатури на ПАТ «Кохавинська ПФ» [7]

Назва компоненту	Вміст, %
Целюлоза	47
Геміцелюлоза	25
Лігнін	24
Екстрактивні речовини	3,4
Мінеральні речовини	0,6

З джерела [3] встановлено, що серед підприємств другої групи ТОВ «Понінківська КПФ – Україна» переробляє не менше 6% макулатури, відповідно утворюючи та розміщуючи на власному промисловому полігоні щонайменше 3 326,17 т волокнистого скопу в рік. Відповідно до висновку

державної санітарно-епідеміологічної експертизи № 602-123-20-3/29396 від 17.09.2017 р. скоп волокнистий, що утворюється на підприємстві, відповідає встановленим медичним показникам та критеріям безпеки та має склад, представлений у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Склад волокнистого скопу, що утворюється внаслідок переробки макулатури на ТОВ «Понінківська КПФ – Україна» [8]

Назва компоненту	Вміст, %
Целюлоза	48
Геміцелюлоза	22
Лігнін	26
Екстрактивні речовини	3,5
Мінеральні речовини	0,5

Проаналізувавши склад волокнистого скопу, що утворюється внаслідок очистки стічних вод трьома підприємствами другої групи, на які разом припадає 50 % виробничих потужностей з переробки макулатури встановлено, що вміст основних компонентів скопу знаходиться у близьких межах, що представлено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Середній склад волокнистого скопу

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

1.5 Способи поводження з волокнистим скопом

Волокнистий скоп, що виділяється після очистки стічних вод підприємств другої групи, являє собою осад сірого кольору з вологістю понад 80% [9]. Для зменшення площ його складування на полігонах скоп піддається процесу зневоднення на шнекових пресах, завдяки яким в кінцевому результаті останній

являє собою осад з масовою часткою сухої речовини в межах 40% [9], що і зберігається у спеціально відведених місцях.

Ще одним популярним і широко застосовуваним методом зневоднення вологого волокнистого скопу є фільтрування через тканинний фільтр [10], що полягає у затриманні волокна целюлози, навіть найкоротшого, на тканині, що одночасно пропускає молекули води. Таким чином, скоп грубо відділяється від надлишкової вологи.

Вищезазначені способи зневоднення волокнистого скопу, а також зневоднення за допомогою вакуум-фільтрів, центрифуг відносяться до механічних. Крім того, існують термічні способи зневоднення скопу за допомогою конвективних та барабанних сушильних установок тощо.

Через багатотоннажні обсяги волокнистого скопу, що утворюються внаслідок переробки макулатури і в результаті займають значні площі придатної для провадження інших видів діяльності землі, вітчизняними та іноземними вченими галузі активно розробляються способи та методи ефективного поводження з даним типом відходів.

Так, у роботі [5] Ванчаковим М.В та Коноваловою Г.М. запропоновано додавання зневодненого волокнистого скопу до розпущеної, очищеної від домішок, готової до відливки паперової маси в обсязі до 6% при виробництві групи паперу санітарно-гігієнічного призначення. Авторами роботи встановлено залежність погіршення характеристик готового паперу, що проявляється у зменшенні опору на розтяг та розрив, зі збільшенням додавання обсягу скопу. Авторами вирішено задачу підбору оптимального співвідношення вторинного волокна та скопу у готовому паперовому виробі, що спричинює допустимі відхилення у якості останнього.

У роботі [11] Новосадом П.В. та Челядіним В.Л. розроблено концепцію технології спільної утилізації золи, що утворюється внаслідок спалювання вугілля на ТЕС і ТЕЦ України та волокнистого осаду з утворенням конструктивно-теплоізоляційного виробу. Вченими досліджено властивості теплоізоляційного виробу в залежності від складу суміші, зокрема, встановлено,

що при зменшенні масової частки волокнистого скопу з одночасним збільшенням масової частки золи і сталими масовими частками цементу та негашеного вапна майже у 2,5 рази знижується пористість (до 21%) та зростає коефіцієнт теплопровідності у 1,6 разів (до 0,18 Вт/м·К) у порівнянні зі зневодненим волокнистим макулатурним скопом, пористість якого у чистому вигляді становить 48%, а коефіцієнт теплопровідності відповідно 0,11 Вт/м·К. Таким чином, суміш, що складається з 60% золи, 20% цементу, 10% волокнистого скопу та 10% негашеного вапна може бути віднесена до групи конструкційно-теплоізоляційних матеріалів та використовуватись в якості будівельного матеріалу при укладанні підлоги та плоскої покрівлі через міцність на стиск більше 6 МПа [11].

Марчевським В.М. та Котлярем К.М. у роботі [12] висвітлено гіпотезу отримання біогазу з відходів целюлозно-паперового виробництва, зокрема, з волокнистого скопу, що полягає у ферментативному розкладі волокон целюлози та геміцелюлози як органічної сполуки певними видами бактерій, внаслідок чого утворюється біогаз. Ідея набула подальшого розвитку у роботі [13], де Семінським О.О., Мазепою Ю.В. та Рябцевим Г.Л. встановлено доцільність отримання біогазу як найефективнішого способу переробки вологого осаду стічних вод підприємств другої групи з економічної та екологічної точок зору. Зокрема, вченими запропоновано п'ятистадійну технологію переробки волокнистого скопу, що включає підготовку сировини, засівної біомаси з живильним середовищем для останньої, аерування, біотрансформацію, концентрування та очищення готового продукту. Варто відзначити, що значною перевагою даної технології є можливість виробництва як біоетанолу так і біометану. Науковцями встановлено, що використання ферментного агенту *Trichoderma viridae* QM 9414 в процесі переробки скопу дозволяє з однієї тонни відходу отримати 25-30 дм³ чистого біоетанолу, а використання метанобактерій з родини Метанококків, зокрема роду *Methanotorris* дозволяє з однієї тонни відходу отримати 125-130 дм³ біогазу з 52% вмістом метану. Крім того, у роботі [14] авторами досліджено вплив температури на інтенсивність утворення

біометану з волокнистого скопу через високу значимість даного фактора у процесі біотрансформації. Для дослідження біотрансформації волокнистого скопу, зразок якого відібрано з промислового полігону ПрАТ «Київський КПК» з ферментним агентом *Trichoderma viridae* QM 9414 вченими розроблено експериментальний біореактор та проведено досліди в температурній межі від 30 °С до 70 °С. Науковцями встановлено, що переробку скопу можна вважати доцільною в межах температури вище 30 °С та нижче 55 °С, оскільки останні дві температурні точки відповідають відповідно найповільнішій та найшвидшій біотрансформації волокнистого скопу. Вчені дійшли висновку, що температурний інтервал 40-50 °С найбільш раціональний для процесу переробки волокнистого скопу, а оптимальною з точки зору інтенсивності виділення біогазу є температура 45,7 °С [14].

Вирішенням проблеми утилізації відходів картонно-паперових виробництв на підприємствах другої групи, зокрема волокнистого макулатурного скопу займається ряд провідних вітчизняних вчених галузі, серед яких найбільший вклад внесли Гомеля М.Д., Превер А.В., Радовечник В.М., Приманков С.Ф. та інші. Так, у роботі [15] в рамках проблеми утилізації волокнистого скопу досліджено вплив флокулянтів Phercole 455, Cetag 7563, Magnafloc 10 і Катіонаміл на процес формування картону з використанням скопу з його вмістом в суміші до 40%. Порівнявши властивості двох сумішей – однієї макулатури та макулатури з вмістом волокнистого скопу вченими встановлено, що при вмісті скопу до 20% у макулатурній суміші фізико-механічні показники картону, серед яких міцність, опір розтягненню, опір на розрив, опір на стиск, еластичність тощо виявилися вищими у порівнянні з картоном, виготовленим лише з макулатури; при цьому використано вищезазначені флокулянти у кількості 0,05% від всієї маси суміші. Вченими зауважено, що використання вищезазначених катіонних флокулянтів забезпечує зростання швидкості фільтрування картонної маси на тканинному фільтрі, забезпечує краще утримання останньої на сітці та підвищує якість та властивості картону, зокрема міцність, опір розтягненню та еластичність.

Загальновідомим фактом є негативний вплив катіонних флокулянтів на активний мул системи біологічної очистки стічних вод підприємств картонно-паперової галузі. Тому, у роботі [15] вченими додатково досліджено дану проблему та встановлено, що використання флокулянтів типу Phercole 455, Cetag 7563, Magnafloc 10 і Катіонаміл в концентраціях до 50 мг/мл не чинить токсичної дії для активного мулу.

Отже, відповідно до дослідження [15], п'ята частина волокнистого скопу може бути повернена у виробничий процес та бути використаною повторно завдяки додаванню незначної кількості флокулянту. Така технологія дозволяє частково вирішити питання нагромадження волокнистого скопу на промислових полігонах, проте, значна частка останнього знову ж таки відправляється на складування, займаючи великі площі.

Зрозуміло, що сучасний рівень розвитку технології переробки макулатури не дозволяє повністю уникнути утворення волокнистого скопу, проте частково зменшити обсяги його утворення цілком можливо. Так, у роботі [16] Ковалем О.С. та Гомелею М.Д. запропоновано технологію інтенсифікації процесу зневоднення волокнистого скопу, що дозволяє знизити вологість останнього на 10%. При цьому, щільність скопу зростає і, відповідно, даний тип відходів умовно займає менше місця.

У роботі [17] Батем Р.Я., Мальованим М.С. запропоновано технологію створення біокомпозиції на основі відходів картонно-паперової промисловості, зокрема волокнистого скопу, що використовується в якості в'язучого компоненту. Суть технології полягає у вивільненні зі скопу чистого лігніну під високим тиском (понад 90 МПа), що зв'язує наповнювач брикету, в ролі якого виступає переважно тирса, стружка, дрібнодисперсне вугілля тощо. Варто зазначити, що гіпотеза, про котру йдеться, не підкріплена результатами експерименту, або, принаймні, математичним моделюванням, тому неможливо передбачити можливість вивільнення чистого лігніну з волокнистого скопу через складну природу першого.

Значна частка досліджень провідних вітчизняних вчених галузі пов'язана з розробкою технологій переробки картонно-паперових відходів, зокрема волокнистого скопу, з подальшою можливістю їх використання в якості будівельних матеріалів. Так, наприклад, у роботі [18] Шепелюк І.Р., Шепелюком О.О., Салданом Р.Й. та Лютим П.В. запропоновано виробництво теплоізоляційних волокнистих плит, де скоп виступає як у ролі в'язучого компоненту, так і в ролі наповнювача. Вченими розроблено теплоізоляційну плиту наступного складу [18]: волокнистий макулатурний скоп (70%), пісок перлітовий спучений (18%), флуорид натрію (2%), в'язучий компонент, наприклад, глина або фторангідритове в'язуче (10%) [18].

Плита з таким складом має теплопровідність $0,09 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ [18] та може використовуватись в якості теплоізоляційної, проте варто зауважити, що сучасні теплоізоляційні матеріали характеризуються щонайменше в три рази нижчим коефіцієнтом теплопровідності. Наприклад, коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати, що є однією з найпоширеніших та найбільш використовуваних теплоізоляційних матеріалів становить $0,032 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ [19].

У роботі [20] вченими запропоновано технологію спільного спалювання зневодненого волокнистого скопу разом із відходами деревини, зокрема кори, що утворюють паливні брикети. Перевагою даного способу є утворення теплової енергії, що може бути використана в корисних цілях, а недоліком – висока золемісність волокнистого скопу, внаслідок чого після спалювання утворення зольного залишку – нового відходу – неминуче. Таким чином, подальший розвиток технології варто розглядати лише за умови явно вираженої переваги спільного спалювання зневодненого волокнистого скопу над її вагомим недоліком.

Варто зазначити, що головним гальмуючим фактором повноцінного повторного використання волокнистого скопу при виробництві паперу є неможливість його утримання на формувальному паперовому полотні в процесі відливки паперової маси, оскільки вміст значної кількості коротких волокон провалюється. У роботі [20] Житнюком В.А та Белкіною О.В. проведено

дослідження можливості рециркуляції скопу в технологічному процесі картонно-паперового виробництва та встановлено можливість додавання до 0,1 масової частки скопу в макулатурну масу разом зі зміцнюючими добавками на основі катіонних смол з високим зарядом (в дослідженні використано смолу Hercobond 6950 EU в дозі 12 кг/т суспензії зі скопу в кількості 10% та макулатурної маси в кількості 90%), внаслідок чого досягається утримання скопу на формувальному полотні. Дослідженням впливу вищезазначеної катіонної смоли на властивості макулатурно-скопової суспензії [20] вченими підтверджено, що фізико-механічні показники відливки паперового полотна, серед яких опір продавлюванню, розривна довжина та питома вага знаходяться в межах нормативних значень і практично не відрізняються від показників контрольного зразка – паперу зі 100% макулатури.

Ще одним способом поводження з волокнистим скопом є використання останнього в якості сорбційно-активної речовини [21]. Ідея набула подальшого розвитку у роботі [22], де Фазуліним Д.Д., Мавриним Г.В та Шайхієвим І.Г. досліджено фільтраційні властивості скопу по відношенню до нафтопродуктів, що містяться у складі водомасляних емульсій. Адсорбція, що здійснювалась лабораторній фільтраційній установці шляхом пропускання водомасляної емульсії з нафтопродуктами через заповнені подрібненим у порошок та попередньо просушеним в сушильній шафі при 110 °С протягом 250 хв волокнистим скопом колонки забезпечила зниження концентрації нафтопродуктів з початкових 4170 мг/л до 279 мг/л, тобто ефективність очистки склала 93,3%. Проте, використання волокнистого скопу в якості адсорбенту відповідно до [22] має ряд суттєвих недоліків, серед яких:

- низька швидкість протікання водомасляної емульсії з нафтопродуктами через шар адсорбенту;
- відсутність технології регенерації адсорбенту.

Таким чином, наразі маємо трансформацію скопу як відходу очистки стічних волокновмісних вод підприємств картонно-паперової промисловості у

відходи очистки стоків від нафтопродуктів, що через відсутність технології утилізації (регенерації) підлягає розміщенню на полігоні. Отже, використання скопу в якості адсорбенту є перспективним напрямком, проте сучасний рівень розвитку науки не дозволяє вирішити проблему заповнення скопом промислових полігонів за допомогою запропонованої в роботі [22] ідеї.

Наступним способом поводження з волокнистим скопом є використання останнього в якості добавки при виробництві цементного каменю. У роботі [23] Чулковою І.Л., Селівановим І.А. та Галдіною В.Д. методом рентгенофазного аналізу досліджено вплив добавки скопу на структуроутворення цементного каменю. Вченими встановлено, що скоп ефективний в якості в'язучого компоненту у цементному камені лише в кількості до 1 %, оскільки зі збільшенням його вмісту спричиняється гальмування процесів гідратації цементу.

Висновки до розділу 1

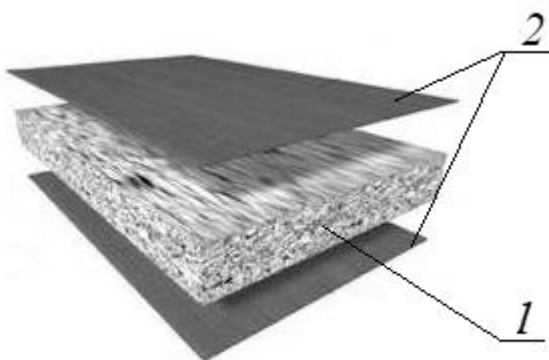
1. Волокнистий макулатурний скоп може бути використаний як в'язучий компонент через його волокнисту структуру, оскільки зі зниженням вологості волокна скопу переплітаються між собою, внаслідок чого утворюються міцні зв'язки. Наявність лігніну у складі скопу сприяє посиленню його зв'язуючого ефекту.

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

3. Встановлено, що об'єктом дослідження є процес утворення волокнистого скопу внаслідок очищення оборотних вод на локальних очисних спорудах картонно-паперових виробництв, а предметом дослідження є характеристики та властивості екологічно-прийнятної паперової плити на основі волокнистого скопу.

2 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КЛЕЙОВИХ СПОЛУК

У попередньому розділі встановлено доцільність розробки технології утилізації волокнистого макулатурного скопу шляхом виробництва екологічно прийнятних паперових плит на його основі. Для визначення вимог щодо характеристик і властивостей та обґрунтування вибору клейових сполук необхідно знати структуру майбутньої паперової плити. На рис. 2.1 представлено концепцію структури паперової плити на основі волокнистого скопу, що складається з трьох шарів.



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

Рисунок 2.1 – Структура паперової плити на основі волокнистого скопу

Склеювання плити, представленої на рис. 2.1, варто розглядати у дві стадії:

- утворення основи шляхом одночасного з термічним пресуванням склеювання волокнистого скопу за технологією виробництва деревоволокнистих плит сухим методом;
- приклеювання вологостійкого покриття з ПВХ плівки до створеної основи.

Відповідно до [24], на першій стадії в якості суміші для склеювання волокнистих пористих матеріалів широко використовуються синтетичні смоли

органічного виробництва, типу «Кафомід» та «КФС», зокрема КФС-П, КФС-Ф, КФС-ПС, КФС-МТ, МКФС.

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

- 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 [25];
- смола забезпечує довговічність клейового з'єднання.

При створенні паперової плити методом сухого термічного пресування термостійкість смоли має вагоме значення, оскільки відомо, що зі зростанням температури зменшується масова частка сухого залишку у смолі та відбувається її повільний розпад. Натомість, фактор високої температури підтримує процес желатинізації смоли. В табл. 2.1 представлено час желатинізації деяких смол типу КФС та МКФС.

Таблиця 2.1 – Тривалість процесу желатинізації смол типу КФС та МКФС та їх термічна стійкість [26, 27]

Показник	Найменування смоли				
	КФС-П	КФС-Ф	КФС-ПС	КФС-МТ	МКФС
Термостійкість, °С	до 100	до 120	до 110	до 120	до 120
Час желатинізації, с	50-60	40-60	50-90	45-80	50-80

Відповідно до даних табл. 2.1 встановлено, що всі зазначені види смол відповідають першому пункту встановлених вище вимог.

Вимогу до середньої консистенції смоли висунуто з метою не короблення поверхні волокнистого скопу від надлишкової вологи (при використанні рідкої смоли) та одночасно рівномірного розподілення смоли по склеюваній поверхні. Крім того, консистенція смоли повинна забезпечувати її проникнення до пор волокнистого скопу та їх заповнення. Консистенція смоли залежить від її здатності до змішування з водою, при якій відбувається коагуляція за об'ємом – для смол середньої консистенції здатність змішування в межах 1:0,5 – 1:1,5 [24]. У табл. 2.2 приведено граничні здатності до змішування смоли з водою.

Таблиця 2.2 – Гранична змішувальність деяких смол типу КФ та МКФ, при якій відбувається коагуляція за об'ємом [26, 27]

Показник	Найменування смоли				
	КФС-П	КФС-Ф	КФ-ПС	КФ-МТ	МКФС
Гранична змішувальність смоли з водою, не менше	1:1,2	1:1	1:5	1:2 – 1:10	1:0,6

Таким чином, встановлено, що смоли КФ-ПС та КФ-МТ не відповідають зазначеному вище другому пункту вимог, оскільки не здатні забезпечити необхідну консистенцію для склеювання волокнистого скопу.

Щодо двох наступних пунктів вимог, марки смол КФ та МКФ призначені для забезпечення склеювання деревоволокнистих та деревостружкових плит, фанери, гнукотклеєних деталей та інших пористих матеріалів на паперовій та дерев'яній основі [26, 27]. Отже, дані сполуки проявляють достатні адгезивні властивості. Крім того, оскільки як у природній деревині так і в паперовій масі (зокрема, волокнистому скопі, що є її різновидом) міститься целюлоза, геміцелюлози та лігнін, марки смол КФ та МКФ, що призначені для деревини тощо – не руйнують компоненти волокнистого скопу.

Негативним фактором клеїв на основі КФ та МКФ смол є наявність у їх складі формальдегіду – високонебезпечної речовини 2-го класу небезпеки [28], що чинить загальнотоксичну дію на організм людини, а також здатен викликати

алергічні реакції при контакті. Відповідно до [29], для полімерних та полімеромісних матеріалів, виробів і конструкцій встановлено три класи емісії вільного формальдегіду:

- Е-1 (вміст вільного формальдегіду до 10 мг/100 г абсолютно сухої плити);
- Е-2 (вміст вільного формальдегіду в межах 10-30 мг/100 г абсолютно сухої плити);
- Е-3 (вміст вільного формальдегіду більше 30 мг/100 г абсолютно сухої плити).

Державними санітарними нормами [29] заборонено використання формальдегідомісних смол класу емісії Е-3 при склеюванні волокнистих та стружкових плит. Крім того, згідно з [29] не допускається застосування волокнистих плит на основі КФ смол з показником емісії класу Е-2 у виробництві меблів та будівельних матеріалів, що використовуватимуться дітьми.

У роботі [30] Лютим П.В, Ортинською П.А., Бехтою П.А. досліджено емісію формальдегіду з деревинних композиційних матеріалів. Вченими встановлено, що сучасний розвиток технологій виробництва ДВП та ДСП не дозволяє замінити клеї на основі КФС та МКФС через унікальні можливості останніх, хоча й враховуючи негативний фактор емісії вільного формальдегіду. Альтернативні клейові сполуки, так звані «екосмоли» хоча й не містять у своєму складі формальдегід та фенол, проте вони характеризуються погіршеними адгезивними властивостями, термостійкістю та недовговічністю з'єднань відносно КФС та МКФС, що у порівнянні з вищою на порядок ціною на даному етапі розвитку не виправдовує доцільність їх застосування. Крім того, у роботі [30] досліджено плити класу Е-1 та встановлено безпечність їх використання для виробництва дитячих меблів та у якості будівельних матеріалів для приміщень, де планується тривале або постійне перебування людей.

Таким чином, враховуючи вищесказане встановлено, що для склеювання паперової плити на основі волокнистого скопу необхідно використовувати

смоли з класом емісії вільного формальдегіду Е-1. В табл. 2.3 приведено класи емісії формальдегідів для деяких смол типу КФС та МКФС.

Таблиця 2.3 – Класи емісії вільного формальдегіду для деяких КФС та МКФС [26, 27]

Показник	Найменування смоли				
	КФС-П	КФС-Ф	КФС-ПС	КФС-МТ	МКФС
Клас емісії формальдегіду	Е-2	Е-3	Е-2	Е-2	Е-1

Таким чином, встановлено, що лише МКФС відповідає встановленим вимогам до класу емісії формальдегіду і може бути використана для виробництва паперової плити на основі волокнистого скопу.

Щодо останнього пункту встановлених вище вимог, що висуваються до клейових сполук для склеювання волокнистого скопу, варто зауважити, що смоли типу КФС та МКФС відзначаються достатньою довговічністю з'єднання за умов використання в температурній межі $-30...35\text{ }^{\circ}\text{C}$ [26, 27] через низьку інтенсивність природного розпаду [31].

Таким чином, в табл. 2.4 представлено результати аналізу відповідності деяких смол типу КФС вищезазначеним властивостям та характеристикам відповідно до [26, 27, 29-31].

Отже, встановлено, що МКФС та клеї на її основі можуть бути використані в якості склеювальної суміші першої стадії через її відповідність заданим характеристикам та властивостям, серед яких основну увагу приділено показнику емісії вільного формальдегіду.

Таблиця 2.4 – Відповідність деяких КФС зазначеним властивостям та характеристикам

Найменування смоли	Відповідність смоли вимогам і характеристикам					
	Термічності йка до 200 °С	Середня консистенція між рідким та густим	Високі адгезивні властивості	Не руйнує складові волокнистого скопу	Масова частка вільного формальдегіду не більше 0,1%	Забезпечення довговічності з'єднання
КФС-П	+	+	+	+	-	+
КФС-Ф	+	+	+	+	-	+
КФС-ПС	+	-	+	+	-	+
КФС-МТ	+	-	+	+	-	+
МКФС	+	+	+	+	+	+

Щодо другої стадії склеювання паперової плити з волокнистого скопу визначено наступні властивості та характеристики, якими повинен володіти клей для з'єднання плити з волокнистого скопу з ПВХ плівкою:

- клей не повинен містити токсичних речовин, випаровування яких здатне нанести шкоду здоров'ю людини, а також різких неприємних запахів;
- температура нанесення клею не вище 35 °С через підвищення інтенсивності емісії формальдегіду у складі основи з проклеєного МКФС волокнистого скопу;
- клей повинен бути однокомпонентним.

Встановлено, що для забезпечення надійного з'єднання плівки ПВХ з пористими спресованими волокнистими поверхнями можливе використання будь яких клеїв, стійких до пресування [32]. 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 [24].

Відповідно до [33] ПВА, поліуретан та їх водні емульсії – інертні прозорі нетоксичні сполуки, що завдяки безпечності широко застосовуються для

склеювання тари, призначеної для продуктів харчування (лише ПВА), оскільки їх міграція у навколишнє середовище не відбувається, або в незначних кількостях виділяються сполуки, що не чинять жодного токсичного впливу на здоров'я людини.

Проаналізувавши ряд відомих торгових марок встановлено, що більшість виробників однокомпонентних клейових сполук на основі ПВА та поліуретану рекомендують застосовувати клеї при температурі 10-25 °С у приміщенні.

У табл. 2.5 представлено результати аналізу відповідності деяких широко розповсюджених марок водно-дисперсійних клеїв на ПВА та поліуретановій основі.

Таблиця 2.5 – Відповідність деяких однокомпонентних водно-дисперсійних клеїв на ПВА та поліуретановій основі зазначеним властивостям та характеристикам

Найменування клею	Відповідність клею вимогам і характеристикам		
	Не токсичний	Температура використання до 35°С	Однокомпонентний склад
Mekol 1954	+	+	+
ПВА модифікований LACRYSIL	+	+	+
Uzin KR430	+	+	+
Soudal 66A	+	+	+
CHEMOLAN B	+	+	+

Встановлено, що всі однокомпонентні водно-дисперсійні клеї на ПВА та поліуретановій основі, серед яких Mekol 1954, ПВА модифікований LACRYSIL, Uzin KR430, Soudal 66A та CHEMOLAN B відповідають трьом зазначеним вище властивостям та характеристикам. Отже, для склеювання ПВХ плівки з волокнистою паперовою плитою можна застосовувати будь яку з вищезазначених клейових сполук.

Висновки до розділу 2

1. 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).

2. 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.

З ВИРОБНИЦТВО ЕКОЛОГІЧНО ПРИЙНЯТНИХ ПАПЕРОВИХ ПЛИТ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВОЛОКНИСТОГО МАКУЛАТУРНОГО СКОПУ

У попередньому розділі завдяки запропонованій концепції тришарової паперової плити з волокнистого скопу обґрунтовано доцільність використання МКФ смоли для термічного склеювання під пресом основи з волокнистого скопу та водно-дисперсійних клеїв для холодного пресування на ПВА або поліуретановій основі, зокрема Mekol 1954, ПВА модифікованого LACRYSIL, Uzin KR430, Soudal 66A та CHEMOLAN B для з'єднання ПВХ плівки з плитою-основою. В даному розділі висвітлено результати та методи дослідження фізико-механічних характеристик плит-основ з волокнистого скопу, що утворюється на ПрАТ «Київський КПК» та має склад, представлений у табл. 1.2, і встановлено їх залежність від зміни складу основних компонентів плити-основи.

3.1 Дослідження залежності міцності на вигин зразка плити-основи з волокнистого скопу від зміни його складу

Визначення міцності на вигин плити-основи з волокнистого скопу проводилося за методикою, визначеною ДСТУ EN 310:2006 [34]. Крім того, методикою [35] регламентовано геометричні розміри зразку плити-основи з волокнистого скопу, що залежать від її товщини (h) і пов'язані співвідношенням $[(25h+50) \text{ мм} \times 75 \text{ мм}]$. Таким чином, досліджувалися зразки плит-основ товщиною 3 мм з довжиною 125 мм та шириною 75 мм.

Зразки плит-основ з волокнистого скопу виготовлено за допомогою короткотривалого гарячого пресування за температури $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 60 с з притискним зусиллям 5 Н/мм^2 на термопресі BIGomatik 70100 та залишено в стані спокою протягом 24 годин.

Потім в утворених вилежаних зразках плит-основ з волокнистого скопу експериментальним шляхом визначено межу міцності на вигин з використанням гідравлічного пресу Holzmann WP 100Н. Таким чином, досліджено 6 зразків плит-основ з волокнистого скопу з різними співвідношеннями складових, що у відсотковому виразі представлені в табл. 3.1, та наступні в масовому:

- зразок № 1 – 100 г волокнистого скопу;
- зразок № 2 – 95 г волокнистого скопу, 5 г МКФС;
- зразок № 3 – 90 г волокнистого скопу, 10 г МКФС;
- зразок № 4 – 85 г волокнистого скопу, 15 г МКФС;
- зразок № 5 – 80 г волокнистого скопу, 20 г МКФС;
- зразок № 6 – 75 г волокнистого скопу, 25 г МКФС.

Таблиця 3.1 – Відсотковий склад зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС і їх експериментальні межі міцності на вигин

№ зразка	Склад зразка плити-основи, мас. %					Межа міцності на вигин, Н/мм ²
	Целюлоза	Геміцелюлоза	Лігнін	Екстрактивні й мінеральні речовини	МКФС	
1	49	23	24	4	0	27,5
2	46,55	21,85	22,8	3,8	5	27,9
3	44,1	20,7	21,6	3,6	10	28,5
4	41,65	19,55	20,4	3,4	15	29
5	39,2	18,4	19,2	3,2	20	29,2
6	36,75	17,25	18	3	25	29,2

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:

$$P = 35 - 15,0437x_1 + 0,4238x_2 + 0,3428x_3 + 1,8691x_4 - 0,6372x_5, \quad (3.1)$$

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.

Враховуючи значення коефіцієнта багатофакторної кореляції 0,9608, можемо говорити про сильний зв'язок межі міцності на вигин плити-основи з основними складовими останньої. При цьому коефіцієнт детермінації становить 0,9231.

Спростимо склад досліджуваних зразків плит-основ, що представлений в табл. 3.1, до системи «волокнистий скоп – МКФС». В табл. 3.2 експериментальні значення меж міцності на вигин зразків плит-основ в залежності від вмісту МКФС співставлено з теоретичними, отриманими з рівняння (3.1), для точок з ідентичним вмістом МКФС.

Таблиця 3.2 – Експериментальні та теоретичні значення меж міцності на вигин плит-основ у системі «волокнистий скоп – МКФС» за рівного вмісту МКФС

Параметр	Вміст МКФС в плиті, %					
	0	5	10	15	20	25
Експериментальна межа міцності на вигин, Н/мм ²	27,5	27,9	28,5	29	29,2	29,2
Теоретична межа міцності на вигин, Н/мм ²	27,883	28,207	28,531	28,855	29,179	29,503

У результаті обробки даних з табл. 3.2 встановлено, що для системи «волокнистий скоп – МКФС» залежність межі міцності на вигин плити-основи від вмісту МКФС описується поліномом Лагранжа 4-го ступеню:

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

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

На рис. 3.1 візуально відображено результати експерименту, описані лінійною та поліноміальною залежностями.

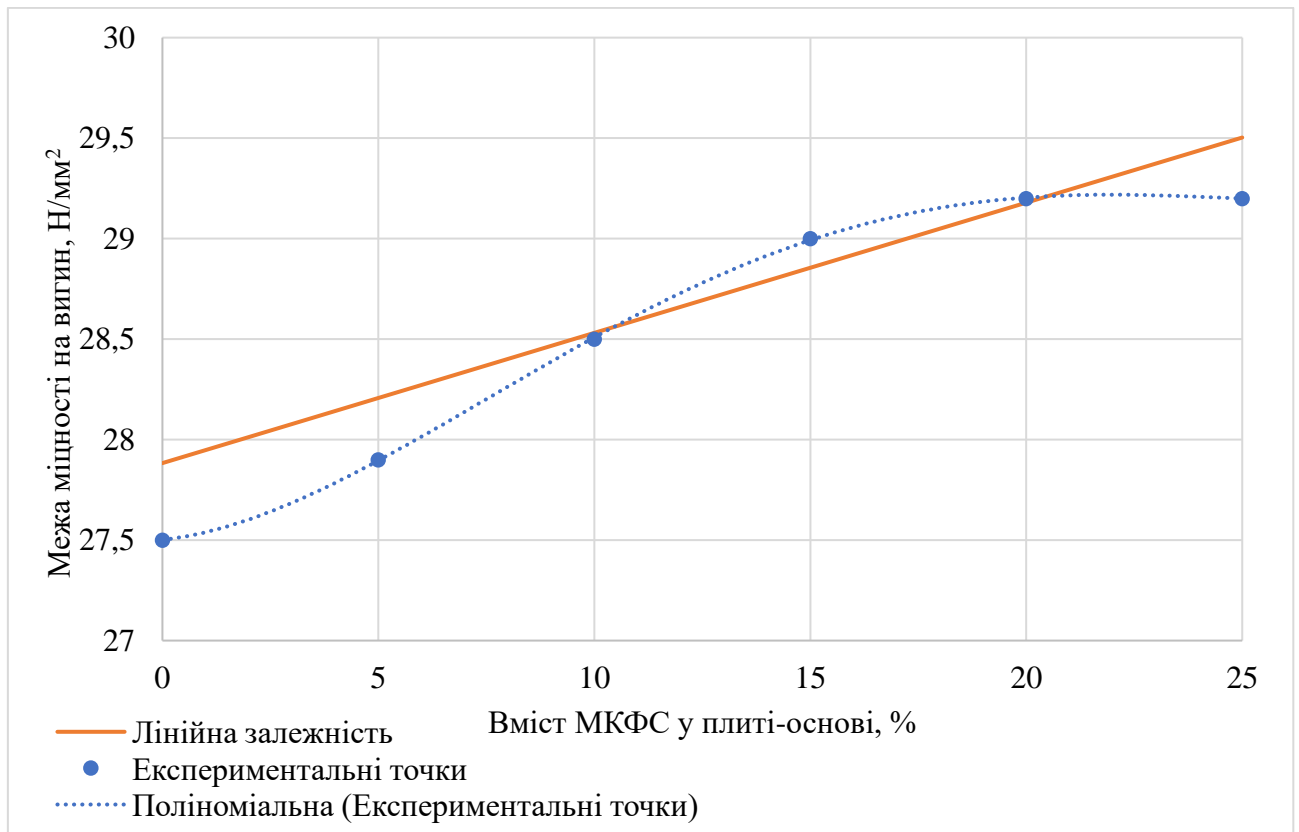


Рисунок 3.1 – Зміна межі міцності на вигин плити-основи від вмісту МКФС, описана поліномом Лагранжа 4-го ступеню та лінійною залежністю

У табл. 3.3 представлено абсолютні та відносні похибки, отримані шляхом порівняння експериментальних значень межі міцності на вигин, з розрахованими за формулою (3.1).

Таблиця 3.3 – Абсолютні та відносні похибки межі міцності на вигин для зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС

№ зразку	Значення абсолютної похибки, Н/мм ²	Значення відносної похибки, %
1	0,383	1,393
2	0,307	1,1003
3	0,031	0,1088
4	0,145	0,5
5	0,021	0,0719
6	0,303	1,0377

Таким чином, середня відносна похибка становить 0,702%.

Отже, враховуючи вимоги до міцності плит на вигин, визначені в [24], в межах вмісту МКФС в досліджуваному інтервалі від 0% до 25% мають місце плити-основи з межею міцності на вигин більше 29 Н/мм² – тобто зразки № 4-6. При цьому зразок № 4 є кінцевою межею норми відповідно до [24], а зразки № 5-6 мають однаковий запас міцності на вигин в 0,2 Н/мм².

Проте, за рівної межі міцності на вигин для зразків плит-основ № 5-6 принциповою різницею між ними є вміст волокнистого скопу відповідно 80% та 75%. Враховуючи, що основною задачею є утилізація волокнистого скопу з метою зниження кількості відходів, що утворюються підприємствами картонно-паперової промисловості, доцільно обрати зразок № 5, що забезпечить на 5% вищі обсяги використання волокнистого скопу у порівнянні зі зразком № 6.

3.2 Дослідження залежності міцності на вигин плити-основи від притискного зусилля її формування

Визначення міцності на вигин зразків плит-основ з волокнистого скопу проводилося за методикою [34]. Зразки плит-основ з волокнистого скопу та МКФС складу, ідентичному зразку № 5, розміром 125 мм×75 мм×3 мм відповідно до [35], виготовлено за допомогою короткотривалого гарячого пресування за температури 100 °С протягом 60 с з різним притискним зусиллям в діапазоні 5...30 Н/мм² з кроком 5 Н/мм² на термопресі BIGomatik 70100 та

залишено в стані спокою протягом 24 годин. Потім в утворених вилежаних зразках плит-основ з волокнистого скопу та МКФС експериментальним шляхом визначено межу міцності на вигин з використанням гідравлічного пресу Holzmann WP 100Н. Таким чином, досліджено 6 зразків плит-основ. Результати дослідження представлено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Межа міцності на вигин плити-основи в залежності від зростання притискного зусилля

№ досліджу	Притискний тиск, Н/мм ²	Межа міцності на вигин, Н/мм ²
1	5	29,2
2	10	29,3
3	15	29,4
4	20	29,5
5	25	29,5
6	30	29,5

У результаті обробки результатів експерименту, які представлено в табл. 3.2, 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 ступеню:

$$P(x) = 3,34 \times 10^{-6} P_{II}^4 - 2,56 \times 10^{-4} P_{II}^3 + 6,08 \times 10^{-3} P_{II}^2 - 3,42 \times 10^{-2} P_{II} + 29,25, \quad (3.2)$$

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

На рис. 3.2 візуально відображено зміну межі міцності плити-основи на вигин від притискного зусилля, що описується поліноміальною залежністю.

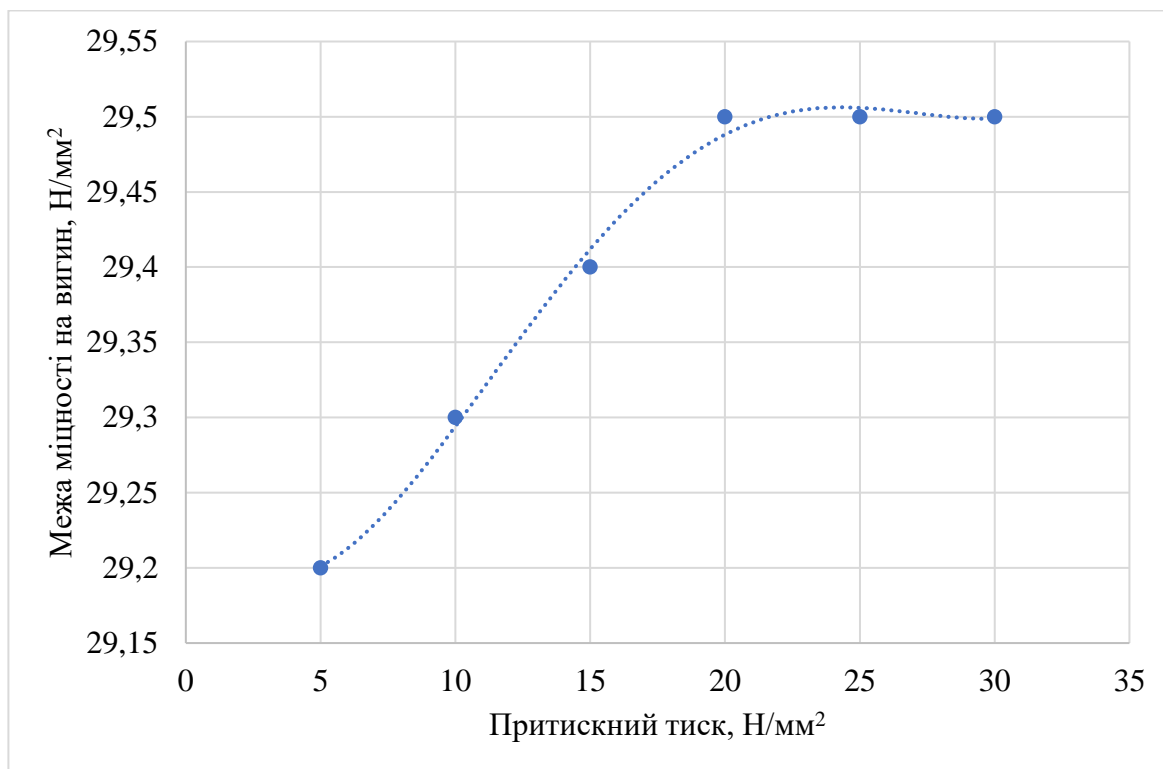


Рисунок 3.2 – Залежність межі міцності на вигин зразків плит-основ однакового складу від зміни притискного зусилля в інтервалі від 5 Н/мм² до 30 Н/мм²

У табл. 3.5 представлено абсолютні та відносні похибки, отримані шляхом порівняння експериментальних значень межі міцності на вигин з розрахованими за формулою (3.2).

Таблиця 3.5 – Абсолютні та відносні похибки межі міцності на вигин для зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС

№ зразку	Значення абсолютної похибки, Н/мм ²	Значення відносної похибки, %
1	0,001	0,003
2	0,01	0,034
3	0,007	0,024
4	0,031	0,105
5	0,131	0,444
6	0,283	0,959

Таким чином, середня відносна похибка становить 0,262%, що свідчить про високу достовірність опису залежності за допомогою інтерполяційного поліному Лагранжа 4-го ступеню.

Отже, в результаті проведеного експерименту встановлено, що застосування притискного зусилля вище 20 Н/мм^2 для плити-основи з волокнистого скопу, склад якої ідентичний зразку № 5 недоцільно через зупинку зростання її межі міцності на вигин. Проте, встановлено, що в інтервалі $0 \dots 20 \text{ Н/мм}^2$ зі збільшенням притискного зусилля при формуванні плити-основи межа міцності на вигин останньої зростає.

3.3 Дослідження залежності міцності зразків плит-основ на вигин від тривалості гарячого пресування

Визначення міцності на вигин зразків плит-основ з волокнистого скопу проводилося за методикою [34]. Зразки плит-основ з волокнистого скопу та МКФС складу, ідентичному зразку №5, розміром $125 \text{ мм} \times 75 \text{ мм} \times 3 \text{ мм}$ відповідно до [35] виготовлено за допомогою гарячого пресування за сталих температури, рівній $100 \text{ }^\circ\text{C}$ та притискного зусилля, рівного 20 Н/мм^2 на термопресі VIGomatik 70100. При цьому, тривалість термічного пресування змінювалась в межах $40 \dots 90 \text{ с}$. Тривалість витримки плит-основ без тиску становила 24 год.

Потім в утворених вилежаних зразках плит-основ з волокнистого скопу та МКФС експериментальним шляхом визначено межу міцності на вигин з використанням гідравлічного пресу Holzmann WP 100Н. Таким чином, досліджено 6 зразків плит-основ. Результати дослідження представлено на рис. 3.3.

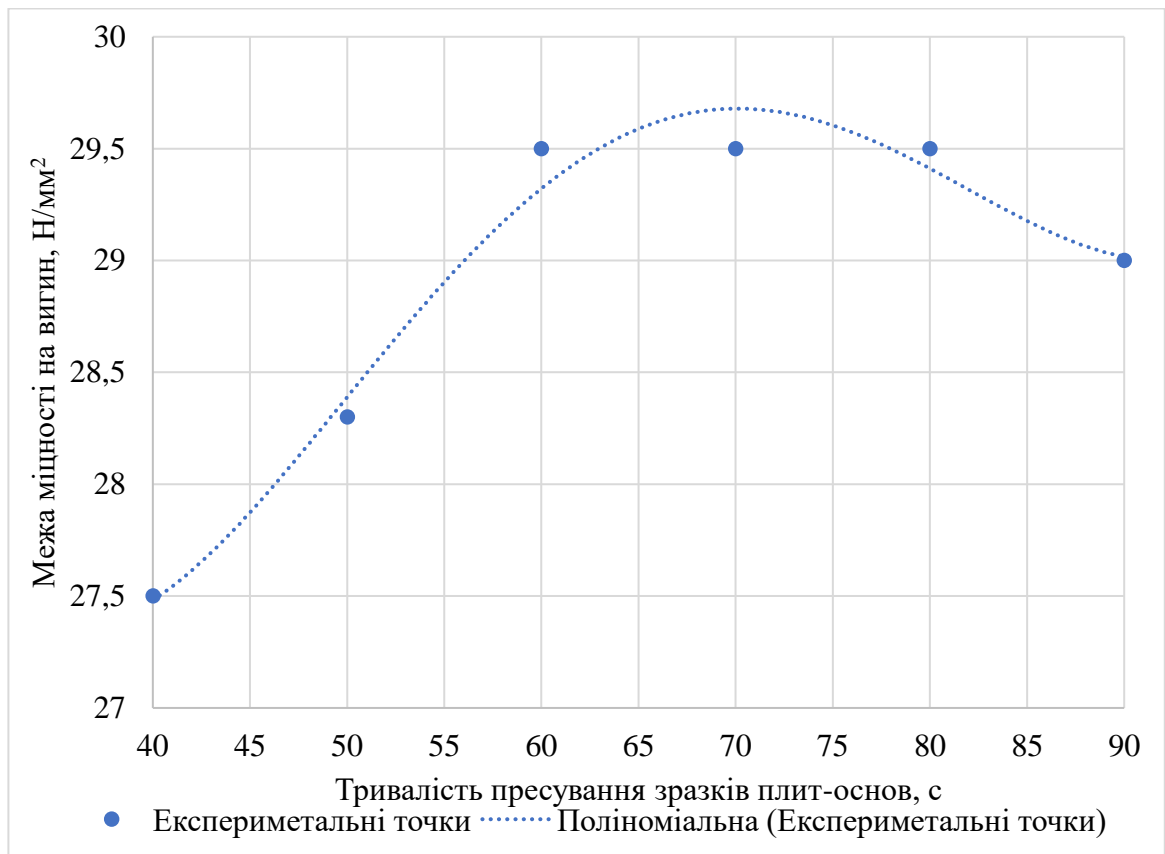


Рисунок 3.3 – Залежність міцності зразків плит-основ на вигин від тривалості гарячого пресування за сталих притискного зусилля та температури, описана поліномом Лагранжа 4-го ступеню

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

$$P(x) = 0,000002x^4 - 0,000604x^3 + 0,056146x^2 - 2,122619x + 55,353571, \quad (3.3)$$

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

x – тривалість термічного пресування, с.

У табл. 3.6 представлено абсолютні та відносні похибки, отримані шляхом порівняння експериментальних значень межі міцності на вигин з розрахованими за формулою (3.3).

Таблиця 3.6 – Абсолютні та відносні похибки межі міцності на вигин для зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС

№ зразку	Значення абсолютної похибки, Н/мм ²	Значення відносної похибки, %
1	0,01	0,036
2	0,097	0,343
3	0,194	0,658
4	0,189	0,641
5	0,088	0,298
6	0,035	0,121

Таким чином, середня відносна похибка становить 0,349%, що свідчить про високу достовірність опису залежності міцності на вигин зразка плити-основи з волокнистого скопу та МКФС від тривалості термічного пресування за допомогою інтерполяційного поліному Лагранжа 4-го ступеню.

Отже, в результаті дослідження встановлено, що набуття плитою-основою з волокнистого скопу та МКФС максимальної міцності за сталих температури, рівної 100 °С та притискного тиску, рівного 20 Н/мм² і складу, ідентичного зразку № 5 відбувається при тривалості пресування не менше 60 с. При нагріванні зразків протягом 40-60 с відбувається процес желатинізації смоли. Оскільки після 60 с значення межі міцності на вигин плити-основи залишається незмінним до 80 с – це свідчить про повне затвердіння МКФС у досліджуваному зразку. Цікавим є факт зниження межі міцності на вигин після 80 с, що очевидно пов'язано з початком руйнівного процесу МКФС смоли. Таким чином, експериментально підтверджено межі затвердіння МКФС у досліджуваних зразках плит-основ, що тісно корелюють із зазначеними в [26].

3.4 Дослідження залежності міцності на розтяг зразків плит-основ від зміни їх складу

Визначення міцності на розтяг зразків плит-основ з волокнистого скопу проводилося за методикою [36]. Зразки плит-основ з волокнистого скопу виготовлено за допомогою короткотривалого гарячого пресування за температури 100°C протягом 60 с з притискним зусиллям 20 Н/мм^2 на термопресі VIGomatik 70100 та залишено в стані спокою на добу.

У створених вилежаних зразках плит-основ з волокнистого скопу експериментальним шляхом визначено межу міцності на розтяг з використанням гідравлічного пресу Holzmann WP 100Н, переведеного у режим вимірювання на розтяг. Таким чином, досліджено 6 зразків плит-основ з волокнистого скопу з різними співвідношеннями складових, що відповідають даним з табл. 3.1.

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

$$P = 1,3667 - 1,516x_1 + 0,01057x_2 + 0,00855x_3 + 0,0466x_4 + 0,253x_5, \quad (3.4)$$

де P – межа міцності на розтяг плити-основи з волокнистого скопу та МКФС, Н/мм^2 ;

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.

Оскільки відповідно до формули (3.4) значення коефіцієнта багатофакторної кореляції становить 0,9231, можемо стверджувати про сильний

зв'язок межі міцності на розтяг плити-основи з основними складовими останньої.

Умовно спростимо склад досліджуваних зразків плит-основ, що представлений в табл. 3.1 до системи «волокнистий скоп – МКФС». На рис. 3.4 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 багатofакторної регресії (3.4) та поліномом Лагранжа 4-го ступеня, що має наступний вигляд:

$$P(x) = -1000x^4 + 522,22x^3 - 85,833x^2 + 5,254x + 0,5988, \quad (3.5)$$

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

x – частка МКФС.

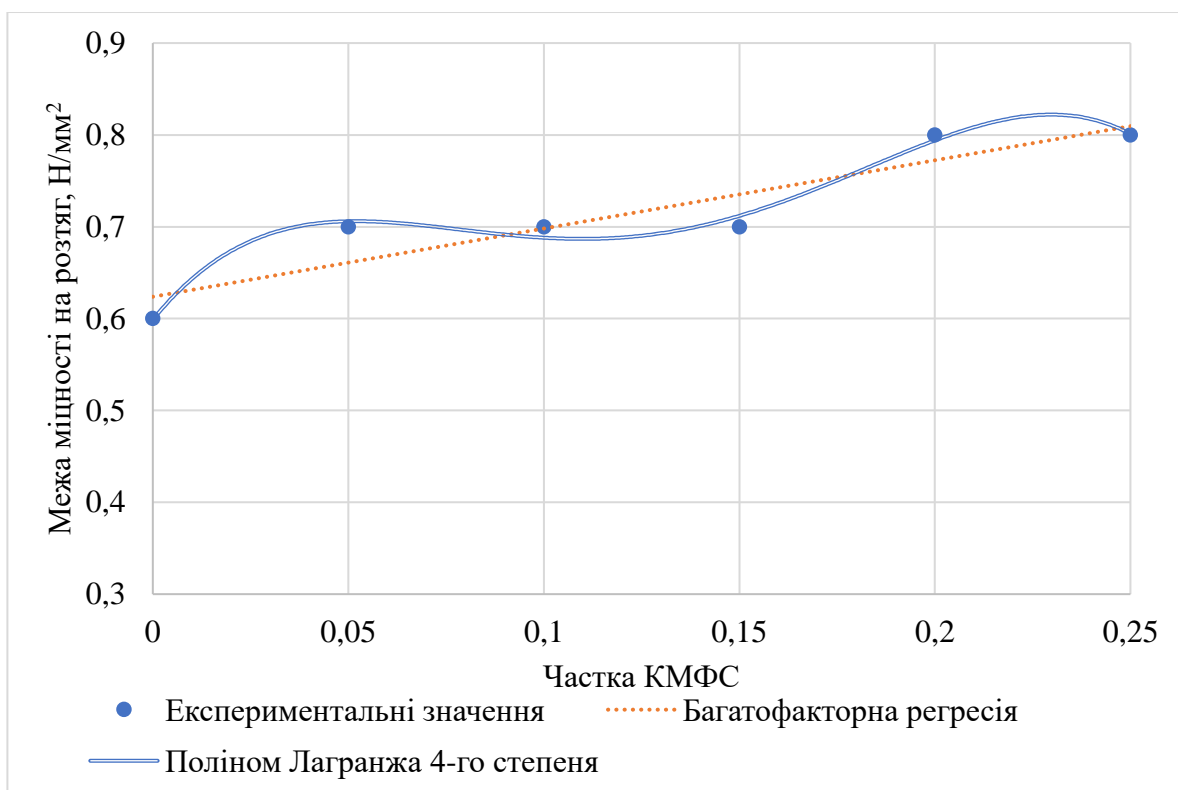


Рисунок 3.4 – Зміна межі міцності на розтяг зразків плит-основ від вмісту МКФС, представлена лінійною та поліноміальною залежностями

У табл. 3.7 представлено абсолютні та відносні похибки при описі експериментальних значень межі міцності на розтяг зразків плит-основ від вмісту МКФС рівнянням багатofакторної лінійної регресії (3.4) та поліномом Лагранжа 4-го ступеню (3.5).

Таблиця 3.7 – Абсолютні та відносні похибки межі міцності на розтяг для зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС

№ зразку	Лінійна багатofакторна залежність		Поліном Лагранжа 4-го ступеню	
	Значення абсолютної похибки, Н/мм ²	Значення відносної похибки, %	Значення абсолютної похибки, Н/мм ²	Значення відносної похибки, %
1	0,024	2,38	0,001	0,12
2	0,039	3,905	0,006	0,594
3	0,002	0,191	0,012	1,191
4	0,035	3,523	0,012	1,191
5	0,028	2,762	0,006	0,594
6	0,01	0,953	0,001	0,118

Отже, середня відносна похибка для лінійної багатofакторної залежності становить 2,286%, а для поліному Лагранжа 4-го ступеню – 0,635%.

Таким чином, залежність межі міцності на розтяг для зразків плит-основ з вмістом МКФС від 0% до 25% описується поліноміальною залежністю у 3,6 разів точніше ніж рівнянням лінійної регресії. Проте, варто брати до уваги той факт, що поліном Лагранжа 4-го ступеню описує залежність межі міцності на розтяг для спрощеної двокомпонентної системи «волокнистий скоп – МКФС», а рівняння багатofакторної регресії окремо враховує вміст целюлози, геміцелюлози, лігніну, мінеральних та екстрактивних речовин і МКФС у зразках плит-основ.

Також, встановлено, що зі збільшенням вмісту МКФС в інтервалі від 0% до 25% у зразках плит-основ межа міцності на розтяг зростає.

3.5 Дослідження залежності міцності на розтяг плити-основи з волокнистого скопу та МКФС від притискного зусилля її формування та тривалості термічного пресування

Визначення міцності на розтяг зразків плит-основ з волокнистого скопу проводилося за методикою [36]. Зразки плит-основ з волокнистого скопу та МКФС складу, ідентичному зразку № 5, розміром 125 мм×75 мм×3 мм відповідно до [35] у першому випадку виготовлено за допомогою короткотривалого гарячого пресування за температури 100 °С протягом 60 с з різним притискним зусиллям в діапазоні 5...30 Н/мм² з кроком 5 Н/мм² та у другому випадку виготовлено за допомогою короткотривалого гарячого пресування за температури 100 °С протягом 40...90 с з кроком 10 с зі сталим притискним зусиллям 20 Н/мм² на термопресі VIGomatik 70100 та залишено в стані спокою протягом 24 годин.

Потім в утворених вилежаних зразках плит-основ з волокнистого скопу та МКФС експериментальним шляхом визначено межу міцності на розтяг з використанням гідравлічного пресу Holzmann WP 100Н. Таким чином, досліджено 12 зразків плит-основ (6 зі змінним притискним зусиллям та 6 зі змінною тривалістю пресування). Результати дослідження представлено на рис. 3.5.

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.

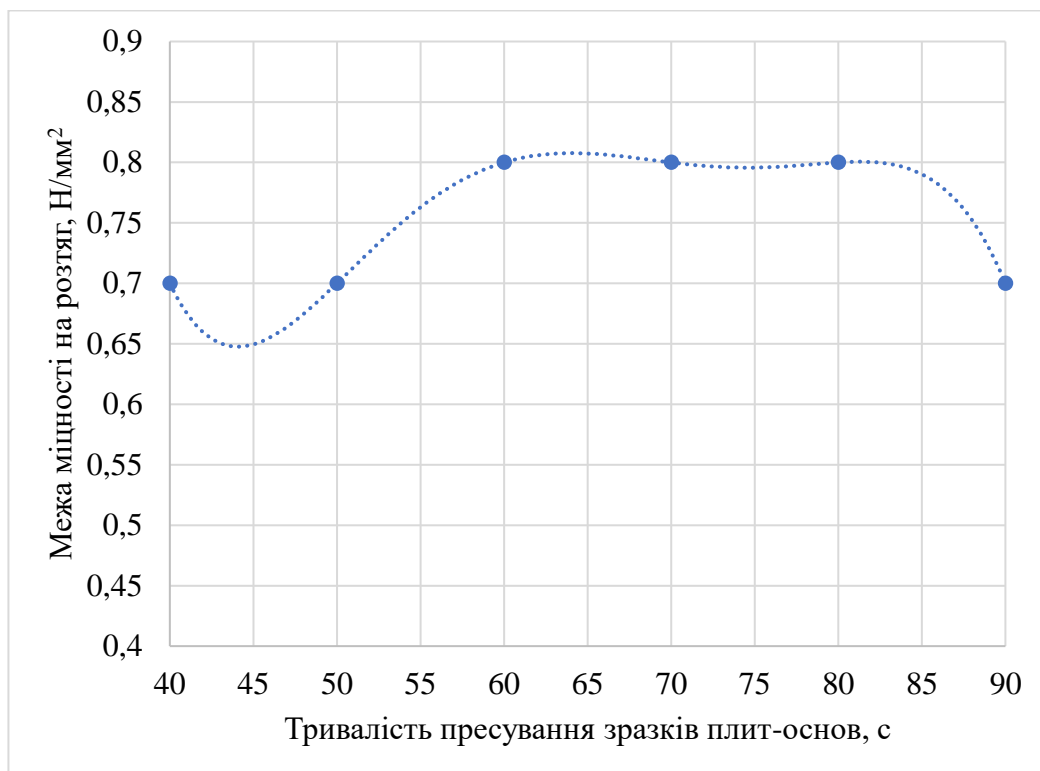


Рисунок 3.5 – Залежність межі міцності на розтяг зразка плити-основи з волокнистого скопу та МКФС від тривалості термічного пресування, описана інтерполяційним поліномом Лагранжа 5-го ступеню

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 та з величиною вірогідності апроксимації $R^2=1$ описується інтерполяційним поліномом Лагранжа 5-го ступеню:

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

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

x – тривалість термічного пресування, с.

3.6 Технологія виробництва тришарової екологічно прийнятної паперової плити на основі волокнистого скопу

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:

- формування плити-основи;
- короткотривале пресування суміші з волокнистого скопу та МКФС на термопресі зі сталим притискним зусиллям формування;
- вилежування спресованої плити-основи;
- проклеювання верхньої та нижньої площин плити-основи однокомпонентним ПВА або поліуретановим клеєм;
- приєднання ПВХ плівки на верхню та нижню площини плити-основи на термопресі зі сталим притискним зусиллям формування.

Формування плити-основи являє собою змішування зневодненого волокнистого скопу, що складається з 49% целюлози, 23% геміцелюлози, 24% лігніну, 4% екстракційних та мінеральних речовин, з МКФС у пропорціях скоп-МКФС відповідно 5:1 на підготовленій робочій поверхні термопресу. При цьому, товщина сформованої плити складає 3 мм. В результаті, отримано суміш наступного складу: 39,2% целюлози, 20% МКФС, 19,2% лігніну, 18,4% геміцелюлоз, 3,2% мінеральних та екстракційних речовин.

Сформована суміш піддається короткотривалому (в інтервалі 60...80 с) пресуванню за температури 100 °С за притискного зусилля формування 20 Н/мм², що створюється за допомогою термопресу. Спресована таким способом плита-основа витримується в стані спокою за стандартних умов протягом доби, після чого остання стає придатною до використання оскільки проведені дослідження підтверджують набуття достатніх фізико-механічних параметрів відповідно до [24], зокрема міцності на вигин – 29,5Н/мм² та розтяг – 0,8 Н/мм².

З метою покращення властивостей плити-основи з волокнистого скопу та МКФС, зокрема, надання останній вологостійкості та запобігання потенційній емісії вільного формальдегіду до навколишнього середовища внаслідок процесу природної деструкції МКФС плита-основа піддається проклеюванню верхньої та нижньої площин стійким до пресування однокомпонентним на ПВА або поліуретановій основі клеєм з подальшим приєднанням ПВХ плівки до плити-основи за допомогою гідравлічного пресу за стандартних умов.

Таким чином, розроблено технологію виробництва тришарової плити, в якій внутрішній шар – плита-основа з волокнистого скопу та МКФС, та 2 шари ззовні – вологостійка ПВХ плівка.

3.7 Утилізація тришарової екологічно прийнятної паперової плити на основі волокнистого скопу

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 [37]. 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 [38]. Варто зауважити, що питання тривалості відокремлення шарів тришарової плити задля найбільш

безпечного її розкладу на ПВХ плівку та плиту-основу потребує подальших досліджень.

Таким чином, в результаті відокремлення шарів тришарової плити останню розділено на плиту-основу та ПВХ плівки. Розглянемо окремо питання їх утилізації.

Відомо наступні способи поводження з волокнистими плитами, що містять КФС або МКФС:

- компостування;
- повторне використання [39-41].

Суть компостування волокнистих плит полягає в їх подрібненні з використанням кальцієвмісних сполук (крейди, вапна) та відходів білкової природи. При цьому формальдегід, що міститься у складі смол частково піддається процесам емісії та окиснення, частково денатурує білок з утворенням нетоксичних комплексів, форміатів, фенолятів [41] та піддається іншим процесам, в результаті чого вміст останнього зменшується до рівня, що забезпечує ефективну діяльність мікроорганізмів [40].

Аналіз європейського досвіду поводження з таким типом відходів [42-45] підтверджує можливість та доцільність подрібнення плити з волокна та формальдегідовмісної смоли і повторне виробництво волокнистої плити з утвореної суміші. Варто зауважити, що в даному випадку відмічається [43,44] погіршення фізико-механічних характеристик таких плит, тому, переробка останніх більше трьох разів недоцільна.

Отже, 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 [46]. 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 [47,48]. В результаті, гранули є готовою сировиною для виробництва нових виробів з ПВХ, зокрема плівки, пакетів, канцтоварів тощо.

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що міцність на вигин плит-основ з волокнистого скопу та МКФС залежить від вмісту основних складових та з відносною середньою похибкою 0,702% описується рівнянням багатofакторної регресії. За притискного зусилля в 5 Н/мм² найбільшої межі міцності на вигин (29,5 Н/мм²) досягнуто зразком плити-основи наступного складу: 39,2% целюлоза, 20% МКФС, 19,2% лігнін, 18,4% геміцелюлоза, 3,2% домішки (екстракційні і мінеральні речовини).

2. Встановлено, що міцність на вигин плити-основи з волокнистого скопу та МКФС залежить від притискного зусилля її формування та з відносною середньою похибкою 0,262% описується інтерполяційним поліномом Лагранжа 4-го ступеню. Для зразків плит-основ, що складаються з 39,2% целюлози, 20% МКФС, 19,2% лігніну, 18,4% геміцелюлоз, 3,2% домішок зростання притискного зусилля інтервалі 5...15 Н/мм² спричиняє збільшення їх межі міцності на вигин відповідно до 29,2...29,5 Н/мм².

3. Визначено, що міцність на вигин плити-основи з волокнистого скопу та МКФС залежить від тривалості гарячого пресування та з відносною середньою похибкою 0,349% описується інтерполяційним поліномом Лагранжа 4-го ступеню. Для зразків плит-основ, що складаються з 39,2% целюлози, 20% МКФС, 19,2% лігніну, 18,4% геміцелюлоз, 3,2% домішок зростання тривалості пресування інтервалі 40...60 с спричиняє збільшення їх межі міцності на вигин відповідно в межах 27,5...29,5 Н/мм².

4. Визначено, що міцність на розтяг зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС залежить від вмісту основних складових та з відносною середньою похибкою 2,286% описується рівнянням багатofакторної регресії. За притискного зусилля в 20 Н/мм² найбільшої межі міцності на вигин (0,8 Н/мм²) досягнуто зразком плити-основи наступного складу: 39,2% целюлоза, 20% МКФС, 19,2% лігнін, 18,4% геміцелюлоза, 3,2% домішки (екстракційні і мінеральні речовини).

5. Встановлено, що міцність на розтяг зразків плит-основ з волокнистого скопу та МКФС не залежить від притискного зусилля їх формування.

6. Визначено, що міцність на розтяг плити-основи з волокнистого скопу та МКФС залежить від тривалості гарячого пресування в інтервалі 40...90 с та з величиною вірогідності апроксимації $R^2=1$ описується інтерполяційним поліномом Лагранжа 5-го ступеню.

7. Обґрунтовано, що за фізико-механічними властивостями зразок паперової плити на основі волокнистого скопу, що складається з 39,2% целюлози, 20% МКФС, 19,2% лігніну, 18,4% геміцелюлоз, 3,2% екстракційних і мінеральних речовин відповідає вимогам [24] та відноситься до групи твердих волокнистих плит.

8. Встановлено, що питання тривалості відокремлення шарів тришарової плити задля найбільш безпечного її розкладу на ПВХ плівку та плиту-основу потребує подальших досліджень.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

Основною ідеєю стартап-проекту є виробництво тришарових екологічно прийнятних дитячих дощечок на основі волокнистого скопу та МКФС, покритих водостійкою ПВХ плівкою, придатних для ліплення пластиліну та створення аплікацій. У подальшому зупинимося на обґрунтуванні наступних етапів реалізації стартап-проекту:

- актуальності та новизни інноваційної ідеї;
- аналізу конкурентного середовища;
- ресурсного забезпечення проекту;
- фінансового забезпечення реалізації проекту;
- інвестиційного етапу реалізації проекту;
- маркетингового етапу реалізації проекту.

4.1 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту

Актуальність та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту полягає у виробництві тришарової екологічно прийнятної дощечки з волокнистого скопу, покритого ПВХ плівкою, що є комбінацією відомого продукту – пластикової дощечки для ліплення пластиліну та нового – дощечки для створення аплікацій із застосуванням канцелярського ПВА клею. Багатофункціональність продукту є запитом батьків, що виховують дітей дошкільного віку. В табл. 4.1 охарактеризовано основні переваги пропонованого виробу та вигоди від їх використання споживачами.

Таблиця 4.1 – Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Утилізація волокнистого скопу шляхом виробництва багатофункціональної дощечки з волокнистого скопу, покритої вологостійким покриттям	Дощечка для ліплення пластиліну	Багатофункціональність виробу, усвідомлення важливості використання продуктів, виготовлених саме з вторинної сировини
	Дощечка для нанесення канцелярського ПВА клею	Канцелярський клей на ПВА основі за стандартних умов на пристає до поверхні плити завдяки спеціальному покриттю; дощечка після використання мисться під проточною водою, або протирається вологою ганчіркою

4.2 Аналіз конкурентного середовища

У результаті аналізу конкурентного середовища встановлено, що на ринку наявні конкуренти, що виготовляють схожий товар, серед яких найвідоміші бренди «Атлас Пласт», «Люкс Колор», «Economix», «Irbis» тощо. Крім того, встановлено, що дощечки для ліплення можемо характеризувати за наступними техніко-економічними показниками: типом матеріалу та його екологічною прийнятністю, поліфункціональністю та поведінням після завершення життєвого циклу.

У табл. 4.2 визначено коло конкурентів, що вже існують на ринку та окреслено техніко-економічні переваги пропонованої ідеї.

Таблиця 4.2 – Переваги ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Стартап проект	«Атлас Пласт»	«Economix»
1	2	3	4	5
1	Тип та екологічна прийнятність матеріалу	Комбінування волокнистого скопу (природний матеріал) з органічною смолою та консервація ПВХ плівкою, екологічно прийнятний	Пластик, умовно екологічно прийнятний	Пластик, умовно екологічно прийнятний

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
2	Поліфункціональність (робота з пластиліном та канцелярським клеєм ПВА)	Так	Ні, клей пристає до пластику	Ні, клей пристає до пластику
3	Поводження після завершення життєвого циклу	Можливість повторного використання в якості вторинної сировини для аналогічного виробу	Часткова утилізація з утворенням побічних непридатних для використання сполук, що складаються на полігоні	Часткова утилізація з утворенням побічних непридатних для використання сполук, що складаються на полігоні

У табл. 4.3 узагальнено результати SWOT-аналізу потенційних загроз та можливостей реалізації стартап-проекту.

Таблиця 4.3 – 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.

4.3 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Планується використання наступних видів ресурсів: матеріальних, капітальних, інтелектуальних, трудових, нематеріальних. До матеріальних ресурсів віднесено МКФС, ПВХ плівку, клей для пресування на ПВА основі; до капітальних – облаштування цеху та закупівлю гідравлічних термопресів; до інтелектуальних – науково та комерційно цінну інформацію щодо технології виробництва тришарової плити; до трудових – працівників, що займаються виробництвом продукції, обслуговуванням обладнання, забезпеченням безперебійного функціонування компанії-виробника та пошуками ринків і збутом продукції тощо; до нематеріальних – комерційну таємницю щодо раціонального складу компонентів виробу та способу найефективнішого виробництва виробу.

У табл. 4.4 обґрунтовано та узагальнено величину необхідних капіталовкладень на реалізацію стартап-проекту.

Таблиця 4.4 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
Прямі матеріальні затрати:	267 260,64
– витрати сировини й матеріалів за винятком повернених 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
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% по заробітній платі виробничих працівників	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

Продовження таблиці 4.4

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
– 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 ЄСВ до Пенсійного фонду)	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

4.4 Ключові види діяльності та ключові партнери

У табл. 4.5 надано короткий опис видів діяльності та заходів, направлених на реалізацію завдань проекту, а в табл. 4.6 визначено ключових партнерів як постачальників необхідних матеріальних, капітальних, трудових, енергетичних ресурсів тощо.

Таблиця 4.5 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Закупівля обладнання	Придбання гідравлічного термопресу, що працює в наступному діапазоні: температура нагріву 0-100 °С, формувальний тиск 0-30 Н/мм ²	Наявність готового до роботи обладнання у місці виробництва дощечок
Закупівля напівфабрикатів	Налагодження зв'язків з дистриб'юторами МКФС, ПВХ плівки, клею для пресування на ПВА основі	Наявність готових до обробки та використання предметів праці
Виробництво дощечок	Виробництво готових виробів з використанням матеріальних ресурсів, зокрема волокнистого скопу, МКФС, ПВХ плівки та ПВА клею і трудових – оператора гідравлічного пресу; його пакування на виробничих потужностях ПрАТ «Київський КПК»	Створення виробу, готового до збуту

Продовження таблиці 4.5

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Збут виготовлених виробів	Операції з моменту виходу товару за ворота підприємства до моменту передачі купленого товару споживачеві	Конвертація товару в фінансові активи
Управління виробництвом	Оплата праці персоналу, моніторинг діяльності цеху, контроль відповідності діяльності чинному законодавству тощо	Безперебійна ефективна діяльність цеху, налагодженість всіх процесів від виробництва до реалізації товару

Таблиця 4.6 – Ключові партнери

Інформація	Партнер 1	Партнер 2	Партнер 3
Назва організації-партнера	ПрАТ «Київський КПК»	ТОВ «УКРКОЛОП»	ТОВ «Хімпост»
Місце розташування	08703 м. Обухів, Київська обл., вул. Київська 130	м. Київ, вул. Оранжерейна, 3е	м. Київ, вул. Поліська, 2А
Юридичний статус	Юридична особа	Юридична особа	Юридична особа
Офіційна адреса	08703 м. Обухів, Київська обл., вул. Київська 130	м. Київ, вул. Оранжерейна, 3Е	м. Київ, вул. Поліська, 2А
Контактна особа	Кравченко Олександр Вікторович	Дуденко Вікторія Степанівна	Риженко Віктор Васильович
Телефон	+38044-494-40-03	+380632330510	+380687402325
Адреса електронної пошти	office@paper.kiev.ua	ukrcolor@gmail.com	tmc@himpost.com
Роль та залученість до підготовки цього проекту	Ключова	Постачання та послуги з обслуговування/ремонту виробничого обладнання	Постачання деяких предметів праці
Завдання, які покладаються на організацію партнера в реалізації проекту	Забезпечення виробничого приміщення, постачання волокнистого скопу, постачання енергетичних ресурсів, організація збуту дощечок	Постачання та налагодження гідравлічного термопресу Schulze BIGomatik 70100 або Holzmann WP 100H та послуги з обслуговування/ремонту виробничого обладнання	Постачання клею для пресування на ПВА основі, рулонів ПВХ-плівки, готової МКФС

4.5 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

Обґрунтуємо необхідні витрати, формування на їх основі собівартості реалізації бізнес-ідеї стартап-проекту та формування її ціни. Витратне обґрунтування ціни товару передбачає обґрунтування собівартості виробництва товару. Собівартість узагальнює витрати підприємства на виробництво і

реалізацію товару. Положення (Стандарт) бухгалтерського обліку – 16 «Витрати» [49], найбільш узагальнений підхід до класифікації витрат, передбачає п'ять економічних елементів:

- прямі матеріальні затрати;
- прямі затрати на оплату праці;
- соціальні відрахування до Пенсійного фонду;
- амортизація основних фондів та нематеріальних активів для власного виробничого призначення;
- інші прямі витрати;
- загальновиробничі витрати.

4.5.1 Прямі матеріальні витрати

Відповідно до П(С)БО 16 «Витрати» обґрунтуємо прямі матеріальні витрати на одиницю продукції – витрати на сировину, матеріали, комплектуючі, паливо, енергію, комунальні послуги, запасні частини, малоцінні необоротні активи.

Для обґрунтування витрат електроенергії у випадку монтажу двох гідравлічних термопресів Schulz BIGomatik 70100 з електроприводом річний обсяг спожитої електроенергії визначено за формулою:

$$W = \frac{P \times K_m \times n_{зм} \times T_{зм} \times K_t \times n_{дн}}{\eta_{ог}} = \frac{12 \times 0,8 \times 1 \times 8 \times 0,4 \times 250}{0,85} = 9,035 \text{ МВтгод}$$

де P – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

K_m – коефіцієнт використання двигуна за потужністю (при відсутності конкретних даних приймають 0,8);

$n_{з.м}$ – кількість змін роботи обладнання протягом доби;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год;

K_t – коефіцієнт попиту (при відсутності конкретних даних приймають 0,4);

$n_{\text{дн}}$ – кількість робочих днів у році;

$\eta_{\text{де}}$ – коефіцієнт корисної дії електродвигуна (при відсутності конкретних приймають 0,85).

Водночас, витрати на електроенергію спрощено визначаються за формулою:

$$C_{\text{ел.ен.}} = W \times a = 9,035 \times 557,24 = 5034,66 \text{ грн,}$$

де a – тарифна вартість електроенергії, грн/МВт*год.

Означені витрати узагальнимо в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1	ПВХ плівка	грн./м ²	80,0	2535	16 896,0	202 752,0
2	ПВА клей для пресування	грн./кг	36,92	506,88	1 561,61	18 739,35
3	Витрати купівельних напівфабрикатів (МКФС)	грн./кг	8,05	760,32	510,05	6 120,58
4	Електроенергія	грн. за кВт*год	0,55724	9035,3	419,56	5 034,66
5	Комунальні послуги	грн./м ²	57,69	50	2 884,5	34 614,0
Всього:					22 271,72	267 260,64

4.5.2 Витрати на оплату праці

Даний крок роботи передбачає аналіз структури персоналу підприємства та розмежування працівників, оплата праці яких здійснюється на основі посадових окладів та працівників, оплата праці яких – відрядна з урахуванням розряду працівника.

Для адміністративно-технічного персоналу погодинно-преміальна оплата праці обчислюється за формулою:

$$ЗП_{\text{погод-прем}} = TC + t + П = 50 \times 176 + 10\% = 9680,0 \text{ грн},$$

де TC – тарифна ставка оплати праці, грн/год;

t – кількість відпрацьованих працівником годин, год;

$П$ – преміальні виплати за якісну напружену працю, грн.

Для виробничого персоналу відрядно-прогресивна система оплати праці обчислюється за формулою:

$$ЗП_{\text{відряд}}^{\text{прогр}} = P_{\text{баз}} \times Q_{\text{баз}} + (Q_{\text{факт}} - 1,1Q_{\text{баз}}) \times P_{\text{підв}} = 2,5 \times 2112 + (2500 - 1,1 \times 2112) \times 3 = 6560,4 \text{ грн},$$

де $P_{\text{баз}}$ – базова розцінка за виготовлення одиниці продукції, грн/од;

$P_{\text{підв}}$ – підвищена розцінка за виготовлення понаднормової кількості продукції, грн/од;

$Q_{\text{баз}}$ – планований (базовий) випуск продукції, од/міс.;

$Q_{\text{факт}}$ – фактичний випуск продукції, од/міс.;

$1,1$ – коефіцієнт підвищеної розцінки при перевиконанні норми не менш, аніж на 10%.

Дані структури персоналу та фонду оплати праці узагальнюємо в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Структура персоналу та фонд оплати праці

№ п/п	Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1	Майстер	Погодинно-преміальна	1	9 680,0	29 040,0	116 160,0
Всього				9 680,0	29 040,0	116 160,0
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				2 129,6	6 388,8	25 555,2
Фонд оплати праці				11 809,6	35 428,8	141 715,2
Виробничий персонал						
2	Оператор гідравлічного пресу	Відрядно-прогресивна	2	6 540,4	19 621,2	78 484,8
Всього				13 120,8	39 362,4	157 449,6
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				2 886,58	8 659,73	34 638,91
Фонд оплати праці				16 007,38	48 022,14	192 088,56

4.5.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань

Згідно з П(С)БО 7 «Основні засоби» до основних фондів підприємства відносимо будівлю (виробниче приміщення; адміністрація) та обладнання (два гідравлічні термопреси Schulz BIGomatik 70100). Для розрахунку амортизації об'єктів основних засобів обрано прямолінійний метод, що передбачає рівномірний розподіл амортизаційних відрахувань протягом корисного терміну експлуатації об'єкта основних засобів до досягнення ним ліквідаційної вартості.

Узагальнимо вартість основних фондів та амортизаційних відрахувань у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань основних фондів підприємства на 2019 р.

Назва об'єкта основних фондів	Кількість, шт.	Вартість на початок року, грн	Річна норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування в поточному році, грн				
				I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	За рік
Будівля (цех)	1	500 000	4	20 000	20 000	20 000	20 000	80 000
Гідравлічний термопрес Schulz BIGomatik 70100	2	507 870	4	20 314,8	20 314,8	20 314,8	20 314,8	81 259,2
Всього	3	1 007 870	4	40 314,8	40 314,8	40 314,8	40 314,8	161 259,2

4.5.4 Інші прямі витрати

До інших прямих витрат належать витрати на дослідження та розробку, послуги сторонніх організацій, комунальні послуги, втрати від браку з технологічних причин тощо. Узагальнимо інші прямі витрати в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування прямих інших витрат

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн	
		На місяць	На рік
Охорона приміщення	Угода	7 000	84 000
Інтернет-реклама	Google Ads	6 000	72 000
Комунальні послуги	Угода	2 884,5	34 614
Витрати від браку	До 2 % від загального обсягу виготовленої продукції (вартість витрачених матеріалів)	379,32	4 551,78
Транспортні витрати	Розрахунок	6 753,84	81 046,08
Всього:		23 030,66	276 367,92

4.5.5 Загальновиробничі витрати

Узагальнимо загальновиробничі витрати в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Загальновиробничі витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн	
		На місяць	На рік
Ремонт виробничого обладнання	Угода	4 200	50 400
Витрати на охорону навколишнього середовища (збитку за шкоду навколишньому середовищу від викидів формальдегіду)	Розрахунок	264,8	3 177,54
Отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин	Угода	-	5 000
Всього:		4 464,8	58 577,54

4.5.6 Умовно-змінні витрати

До умовно-змінних витрат відносимо витрати на виробництво тришарової екологічно прийнятної плити. Величина їх змінюється залежно від зміни обсягу випуску продукції. Умовно-змінні витрати підприємства узагальнимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Умовно-змінні витрати підприємства

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		На 1 од.	На місяць	На квартал	На рік
Прямі матеріальні витрати	Табл. 4.7	10,55	22 271,72	66 815,16	267 260,64
ФОП виробничого персоналу	Табл. 4.8	7,58	16 007,38	48 022,14	192 088,56
Транспортні витрати	Табл. 4.10	3,2	6 753,84	20 261,52	81 046,08
Ремонт виробничого обладнання	Табл. 4.11	1,99	4 200	12 600	50 400
Всього:		23,32	49 251,81	147 755,52	591 022,08

4.5.7 Умовно-постійні витрати

До умовно-постійних виробничих витрат відносять витрати на обслуговування і управління виробництва, які залишаються незмінними або майже незмінними при зміні обсягів діяльності. До них відносять: амортизаційні відрахування, фонд оплати праці адміністративно-технічного персоналу з нарахуваннями, орендну плату підприємства, комунальний податок, збір за забруднення навколишнього природного середовища тощо. Розрахунок умовно-постійних витрат підприємства приведено у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Умовно-постійні витрати підприємства

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		На 1 од.	На місяць	На квартал	На рік
ФОП адміністративно-технічного персоналу	Табл. 4.8	5,59	11 809,6	35 428,8	141 715,2
Амортизаційні відрахування	Табл. 4.9	6,36	13 438,26	40 314,8	161 259,2
Охорона	Табл. 4.10	3,31	7 000	21 000	84 000
Реклама	Табл. 4.10	2,84	6 000	18 000	72 000
Витрати від браку	Табл. 4.10	0,18	379,32	1 137,96	4 551,78
Витрати на охорону навколишнього середовища	Табл. 4.11	0,12	264,8	794,4	3 177,54
Комунальні послуги	Табл. 4.10	1,37	2 884,5	8 653,5	34 614
Всього:		19,77	41 754,24	125 262,72	501 050,88

4.5.8 Накладні витрати

Умовно-постійні витрати є накладними, тобто розподіляються між усіма видами продукції підприємства, якщо такі підприємство випускає.

Дані розрахунку накладних витрат записуємо у табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Розрахунок накладних витрат підприємства

Показники	Джерела даних	На одиницю	На місяць	На квартал	На рік
Умовно-постійні витрати, грн	Табл. 4.13	19,77	41 754,24	125 262,72	501 050,88
Частка випуску продукції у загальному обсягу виробництва, %	Офіційна веб сторінка ПрАТ «Київський КПК»	<1	<1	<1	<1
Накладні витрати, грн		0,2	417,54	1 252,63	5 010,51

4.5.9 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту

Собівартість інноваційної ідеї складається з умовно-змінних та умовно-постійних (накладних) витрат. Розрахунок собівартості узагальнимо в табл. 4.15.

Таблиця 4.15 – Обґрунтування собівартості товару

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		На 1 од.	На місяць	На квартал	На рік
Умовно-змінні витрати	Табл. 4.13	19,77	41 754,24	125 262,72	501 050,88
Умовно-постійні (накладні) витрати	Табл. 4.14	23,32	49 251,81	147 755,52	591 022,08
Собівартість	Сума рядків	43,09	91 006,08	273 018,24	1 092 072,96

4.6 Обґрунтування рівня рентабельності інноваційної ідеї

Дані обґрунтування необхідного рівня прибутку інноваційної ідеї, для якої розраховується ціна узагальнюємо в табл. 4.16. При цьому, враховано наступний розподіл прибутку підприємства за фондами:

- фонд розвитку виробництва – 50%;
- фонд соціального розвитку – 25%;
- преміальний фонд – 10%;
- дивіденди засновникам – 15%.

Таблиця 4.16 – Обґрунтування рівня рентабельності товару

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників
1. Собівартість одиниці продукції	Табл. 4.15	грн.	43,09
1.1. Обсяг виробництва в рік	Прогноз	грн.	1 292 700,0
2. Необхідний прибуток	п.2,1+2,2+2,3+2,4+2,5+ 2,6+2,7	грн.	350 553,02
2.1. Кредитні засоби	Кредитна угода	грн.	0
2.2. Засоби фонду розвитку виробництва	Колективна угода	грн.	142 197,0
2.3. Засоби фонду соціального розвитку	Колективна угода	грн.	71 098,5
2.4. Засоби преміального фонду	Колективна угода	грн.	28 439,4
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн.	42 659,1
2.6. Фінансовий резерв	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.05/0.95$	грн.	14 968,1
2.7. Податок на прибуток	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.18$	грн.	51 180,92
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	$п.2 / п.1.1*100\%$	%	27,12

4.7 Обґрунтування вартості виробництва інноваційного продукту

Враховуючи необхідність наповнення виробничих фондів підприємства, підтримання належного рівня рентабельності, обґрунтуємо вартість тришарової дощечки з волокнистого скопу, МКФС та ПВХ плівки. Зазначимо, що саме податок на додану вартість (ПДВ), який сплачується всіма суб'єктами господарської діяльності відповідно до розділу 5 Податкового кодексу України перетворює вартість товару (послуги) на його ціну. Величина ПДВ становить 20% доданої вартості товару [50]. Визначимо величину ПДВ та ціни техніки (технології). Узагальнимо результати обґрунтування в таблиці 4.17.

Таблиця 4.17 – Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару	табл. 4.15	грн.	43,09
2. Норма рентабельності	табл. 4.16	%	27,12
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	11,69
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	54,78
5. ПДВ	п.4*0,2	грн.	10,96
6. Відпускна ціна товару	п.4+п.5	грн.	65,74

Розрахуємо точку беззбиткового обсягу виробництва за наступною формулою:

$$TR = \frac{FC}{P - AVC} = \frac{41754,24}{65,74 - 23,32} = 985 \text{ од./міс.},$$

де P – ціна продажу виробу, грн/од.;

FC – постійні витрати в собівартості продукції (табл. 4.13), грн;

AVC – змінні витрати в собівартості продукції (табл. 4.12), грн/од.

Для аналізу границь змін відпускної ціни в умовах вільного ринку проведено маркетинговий аналіз продуктів-аналогів. Результати викладено в табл. 4.18.

Таблиця 4.18 – Порівняльний аналіз сформованої ціни з цінами конкурентних товарів-аналогів

Види ціни	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Показники
1. Розрахункова ціна виробництва одиниці продукції з ПДВ	Табл. 4.17	грн.	65,74
2. Ринкові ціни товарів-аналогів на ринку:	Маркетингове дослідження ринку	грн.	-
– мінімальна		грн.	6,27
– максимальна		грн.	137,99
– середня		грн.	68,34
3. Скоригована ціна реалізації	Прогноз	грн.	65,74

4.8 Цільові групи потенційних споживачів

В обґрунтуванні потенційних споживачів доцільно виявити цільові групи, яким буде пропонуватися багатофункціональна дощечка, а також визначити відповідну стратегію охоплення ринку. В табл. 4.19 представлено цільові групи потенційних споживачів.

Таблиця 4.19 – 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

Відповідно до табл. 4.19 в якості стратегії охоплення ринку обрано стратегію масового маркетингу, тобто пропонується стандартизована програма впровадження виробу для всіх суб'єктів ринку.

Обраний сегмент ринку передбачає розроблення базової стратегії розвитку, що представлена в табл. 4.20.

Таблиця 4.20 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку
Ринкові можливості посилення ідеї стартап-проекту	Комбінований маркетинг	Багатофункціональність дощечки; відсутність абсолютних аналогів на ринку; особистий внесок покупця в ресурсозберігаючу технологію	Масовий маркетинг

4.9 Канали збуту

Незважаючи на те, що при використанні послуг посередників виробник певною мірою втрачає контроль за реалізацією товарів, залучення посередників вважається вигідним. В табл. 4.21 визначено оптимальну систему збуту виробу і коротко описано процес продажу.

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
1	Для приватних підприємств закупівля здійснюється на договірних засадах. Для державних підприємств закупівлі здійснюються через офіційний портал оприлюднення інформації про публічні закупівлі України Prozorro	Транспортування Встановлення контакту з покупцем Інформування про характеристики та властивості товару	Традиційна

4.10 Бізнес-модель проекту

Розробка стартап-проекту – це створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних досягнень. Побудова конкурентної бізнес-моделі є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач і представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей і підходів, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів [51].

У табл. 4.22 представлено структуру бізнес-моделі інноваційного виробу.

Таблиця 4.22 – Структура бізнес-моделі проекту

Ключові партнери	Ключові види діяльності	Цінність пропозиції	Взаємовідносини з клієнтами	Споживчі сегменти
Постачальник волокнистого скопу (ПрАТ «Київський КПК»), постачальник клеїв і МКФС (ТОВ «Хімпост»), постачальник обладнання і обслуговуюча організація, відповідальна за ремонт (ТОВ «УКРКОЛОР»)	Виробництво багатофункціональної водостійкої екологічно прийнятної тришарової дощечки для ліплення пластиліну і створення аплікацій Реалізація виготовленої продукції	Багатофункціональність Відсутність абсолютних аналогів Екологічна прийнятність Зручність при роботі з ПВА клеєм Дизайн	Гарантія на виріб Швидке реагування на скарги клієнта Демонстрація позитивного враження від товару в присутності дітей	Діти дошкільного та шкільного віку; Батьки дітей дошкільного і шкільного віку; Керівники держустанов (дитсадків, шкіл тощо)
	Ключові ресурси Матеріальні: 267 027,64 грн/рік Капітальні: 1 007 870,0 грн Енергетичні: 5 034,66 грн/рік Трудові: 299 164,8 грн/рік		Канали збуту Для держустанов – Prozorro Для приватних підприємств та фізичних осіб – роздрібна та оптова торгівля	
Структура собівартості 1.Витрати разові (капітальні): 1 007 870 грн 2.Витрати постійні: 19,77 грн/од. 3.Витрати змінні: 23,32 грн/од.		Потоки надходження доходу Ціна в залежності від об'єму. За розрахунками в середньому 284 394,0 грн/рік.		

4.11 Аналіз ризиків стартап-проекту

Впровадження та реалізація стартап-проекту може мати значні ризики, тому необхідно проводити обґрунтування ризиків, які залежать від факторів невизначеності. Інноваційні ризики визначаються ймовірністю втрат підприємства від інвестування засобів у виробництво нового товару, що може не знайти очікуваного попиту у споживачів на ринку.

До найбільш значущих мікроекономічних факторів впливу на ризики стартап-проекту належать [51]:

- фінансові ризики, зумовлені недостатньо стабільним фінансовим

станом підприємства та відсутністю належного фінансування етапів реалізації стартап-проекту;

- організаційні ризики – неефективна організація реалізації стартап-проекту в підрозділах та підприємства в цілому;

- логістичні ризики – неефективна технологія постачання необхідних ресурсів та взаємодії з постачальниками, підрядниками, діловими партнерами;

- кадрові ризики пов'язані з недостатньою професійною компетентністю залучених до реалізації стартап-проекту працівників, відсутністю їх особистої ініціативи або належної координації їх злагодженої роботи в команді;

- маркетингові ризики – відсутність зваженої та чіткої маркетингової стратегії впровадження та реалізації стартап-проекту на ринку.

Проектні ризики зумовлені неточностями, недостатнім опрацюванням всіх складових реалізації стартап-проекту, ще на етапі його розроблення. Для зниження проектних ризиків доцільно на етапі проектування стартап-проекту здійснити:

- аналіз ринку (діагностика та вияв ризиків у ході якісного аналізу, оцінка ризиків у ході кількісного аналізу);

- вибір методу та засобів управління ризиком (основні інструменти: скасування ризику, запобігання та контролювання ризику, страхування ризику, поглинання ризику);

- фінансування ризиків (одночасне використання методу запобігання та контролювання ризиків);

- здійснити оцінку результатів.

Політичні ризики пов'язані з нестабільністю національної економіки, державного устрою, діяльності органів влади, етнічними, регіональними проблемами, поляризацією інтересів соціальних груп тощо [51].

Економічні ризики зумовлені несприятливими змінами економічної діяльності підприємства, кон'юнктури ринку, рівнів управління тощо.

Комерційні ризики – пов’язані з процесом реалізації товару. Основними причинами виникнення комерційних ризиків є:

- зниження обсягів реалізації товару внаслідок зниження попиту, витіснення його конкурентними аналогами, введення державних обмежень продажу;

- підвищення закупівельної ціни в ході реалізації підприємницького проекту;

- непередбачуване зниження обсягів продажу порівняно з планованими, що знижує ефект масштабу партії товару та відповідно збільшує питомі витрати реалізованого товару (за рахунок умовно-постійних витрат);

- непрогнозована втрата товару;

- втрата якості товару в ході реалізації (транспортування, зберігання), що зумовлює зниження його ціни та загрожує втратою прибутку або навіть банкрутством;

- підвищення витрат обороту капіталу порівняно з планованими результатами через непередбачувані штрафні санкції, відрахування, що зумовлює втрату прибутку підприємства.

Майнові ризики пов’язані з імовірністю втрати майна підприємства через крадіжку, диверсію, порушення технічної та технологічної систем тощо.

Торгівельні ризики обумовлені збитками через затримку платежів, порушення термінів своєчасного постачання товару у процесі його транспортування тощо.

Окремо варто виділити транспортний ризик. В даний час транспортні ризики класифікуються в залежності від ступеню відповідальності в чотири групи: E, F, C, D [51].

Група E включає ситуацію, коли постачальник (продавець) тримає товар на власних складах (Ex Works). Ризик несе постачальник до моменту прийняття товару покупцем. Тому ризики транспортування бере на себе покупець.

Група F містить три конкретні ситуації передачі відповідальності і ризиків:

- FCA означає, що ризик і відповідальність продавця переносяться на покупця в момент передачі товару в домовленому місці;
- FAS означає, що відповідальність ризику за товар переходять від постачальника до покупця у визначеному договором порту;
- FOB означає, що продавець знімає із себе відповідальність після відвантаження товару.

Група С включає ситуації, коли експортер, продавець укладають з покупцем договір на транспортування, але не приймають на себе ніякого ризику.

Остання група D означає, що всі, транспортні ризики лягають на продавця.

Виробничі ризики – ризики, що зв'язані зі збитком від зупинки виробництва внаслідок впливу різних факторів і, насамперед, із втратою чи пошкодженням основних і оборотних фондів (устаткування, сировина, транспорт тощо), а також ризики, що зв'язані з впровадженням у виробництво нової техніки і технології. До основних причин виробничих ризиків відносяться:

- зниження планованих обсягів виробництва і реалізації товару внаслідок зниження продуктивності праці, простою обладнання, втрат робочого часу, відсутності необхідної кількості вихідних матеріалів, підвищеного відсотку бракованої продукції;
- зниження планованих цін реалізації товару (послугу) через зниження їх якості, несприятливі зміни ринкової кон'юнктури, підвищенням попиту;
- збільшення матеріальних витрат через перевитрату матеріалів, сировини, палива, енергії, а також за рахунок збільшення транспортних витрат, торгових витрат, накладних і інших додаткових витрат;
- зростання фонду оплати праці через перевищення планованої кількості працівників або незаплановане збільшення рівня заробітної плати окремим робітникам;
- збільшення податкових платежів й інших відрахувань підприємства;
- недостатньо ефективна робота логістичної служби підприємства, зриви постачань, перебої в постачанні палива та електроенергії;
- фізичний і моральний знос устаткування.

Фінансові ризики – це ті, що виникають при здійсненні фінансового підприємництва чи фінансових угод, виходячи з того, що у фінансовому підприємстві в ролі товару виступають або валюта, або цінні папери, або кошти. До фінансових ризиків належать валютні, кредитні та інвестиційні ризики [51].

Валютні ризики – це ймовірність фінансових втрат через зміну курсу валют у період реалізації стартап-проекту. А оскільки валютний курс у довготерміновій перспективі дуже рухливий, то доцільно в контракті постачання сировини, матеріалів окремо відобразити валютні ризики. Зазначимо, що серед основних факторів впливу на курс валют є стан платіжного балансу та рівень інфляції.

Одним з найважливіших видів ризиків діяльності стартапів в умовах ринкової економіки є кредитний ризик. Він зв'язаний з можливістю невиконання підприємством своїх фінансових зобов'язань перед інвестором у результаті використання для фінансування діяльності підприємства зовнішньої позики.

Важливими також є підприємницькі ризики, причинами яких є:

– непередбачувані зміни ринкового середовища, які впливають на діяльність ринкового суб'єкта (коливання ціни, податкові зміни, коливання валютного курсу, соціально-політичні зміни тощо);

– зміна відносин підприємства з партнерами (наприклад, можливість укласти більш вигідну угоду, подовжити або скоротити термін дії контракту, більш привабливі або навпаки умови діяльності, зміна фінансового стану) [51].

4.12 Оцінка ефективності впровадження стартап-проекту

Оцінку ефективності впровадження стартап-проекту проведемо завдяки розрахунку чистої приведеної вартості (NPV), співвідношення кредиту до вартості проекту та його цінності; простого терміну окупності, коефіцієнту ефективності та чистої дисконтової вартості.

Дані для розрахунку чистої приведеної вартості представлено в табл. 4.23.

Таблиця 4.23 – Дані для розрахунку NPV стартап-проекту

Рік (період)	2019 (0)	2020 (1)	2021 (2)	2022 (3)	2023 (4)
Виручка від реалізації, грн	0	350 553,02	350 553,02	350 553,02	350 553,02
Витрати, грн	1 959 624,81	66 159,02	66 159,02	66 159,02	66 159,02
Інвестиції, грн	2 000 000	0	0	0	0
Ставка дисконтування [51], %	17	17	17	17	17

Розрахуємо чисту приведену вартість проекту за формулою:

$$NPV = \sum_{i=0}^3 \frac{CF_i}{(1+r)^i} - CF_0 \text{ грн,}$$

$$NPV = 64550 \text{ грн,}$$

де CF_i – потік платежів в i -му році, грн;

r – ставка дисконтування, %;

CF_0 – початкові інвестиції, грн.

Співвідношення кредиту (інвестицій) до вартості проекту Loan To Cost розрахуємо за формулою:

$$LTC = \frac{Loan_amount}{Cost} = \frac{2000000}{1959624,81} = 1,021,$$

де $Loan\ amount$ – інвестиції, грн

$Cost$ – загальна вартість проекту, грн

Співвідношення кредиту (інвестицій) до цінності проекту Loan To Value розрахуємо за формулою:

$$LTV = \frac{Mortgage_amount}{APV} = \frac{2000000}{1007870} = 1,98,$$

де *Mortgage amount* – інвестиції, грн

APV – оціночна вартість майна, грн

Враховуючи обсяги інвестицій 2 000 000 грн та щомісячний прибуток 88 171,24 грн розраховано простий термін окупності:

$$T_{OK} = \frac{2000000}{284394,0} = 7,03 \text{ років.}$$

За наступною формулою розраховано коефіцієнт ефективності (питомий прибуток на одиницю капіталовкладень):

$$E = \frac{1}{T_{OK}} = 0,142,$$

де T_{OK} – простий термін окупності.

Найважливішим показником оцінки економічної ефективності виробничих інвестицій є чиста дисконтова (теперішня) вартість (ЧДВ), що розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} \text{ЧДВ} &= \frac{-K + \text{ГП}_1}{1 + R} + \frac{\text{ГП}_2}{(1 + R)^2} + \dots + \frac{\text{ГП}_n}{(1 + R)^n} \text{ грн,} \\ \text{ЧДВ} &= \frac{-2 \cdot 10^6}{1,17^0} + \frac{1,3 \cdot 10^6}{(1 + 0,17)^1} + \frac{1,3 \cdot 10^6}{(1 + 0,17)^2} + \frac{1,3 \cdot 10^6}{(1 + 0,17)^3} = 856300 \text{ грн,} \end{aligned}$$

де K – інвестиції, грн;

ГП_i – очікувані грошові потоки в i -тому році, грн;

R – ставка дисконтування, %.

Висновки до розділу 4

1. Аналіз ринку підтверджує відсутність абсолютних аналогів багатофункціональної паперової плити з волокнистого скопу, що класифікує останню новим товаром на ринку.

2. Враховуючи наявний попит та динаміку на ринку є можливість ринкової комерціалізації запропонованого стартап-проекту.

3. З огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможність проекту вважаємо останній доцільним для подальшої імплементації.

4. У таблиці 4.24 підведено підсумки підготовки інноваційного стартапу та узагальнено основні техніко-економічні показники.

Таблиця 4.24 – 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), притискного 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 Н/мм²) та розтяг (0,8 Н/мм²) вже за формувального тиску 20 Н/мм² та тривалості термічного пресування 60 с при температурі 100 °С.

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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Утворення відходів за класифікаційними угрупованнями державного класифікатора відходів у 2017 році. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/uv_zaklass/uv_zaklass_17u.xls (дата звернення: 03.09.2019).
2. Утворення відходів за класифікаційними угрупованнями державного класифікатора відходів у 2018 році. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/uv_zaklass/uv_zaklass_18u.xls (дата звернення: 03.09.2019).
3. Бондар О. І., Байрак О.М. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. Міністерство екології та природних ресурсів України. Київ, 2017. 308 с.
4. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Коновалова Г.Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры : уч. пособ. Санкт-Петербург: СПбГТУРП, 2010. Ч.1. 98 с.
5. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Коновалова Г.Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры : уч. пособ. Санкт-Петербург: СПбГТУРП, 2016. Ч.2. 142 с.
6. Скоп волокнистий макулатурний: Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 07.06.2019 №12.2-18-1/12489. Звіт Держсанепідслужби України, 2019. С. 149-151.
7. Скоп волокнистий макулатурний: Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 19.02.2019 №12.2-18-1/29396. Звіт Держсанепідслужби України, 2019. С. 398-399.
8. Скоп волокнистий макулатурний: Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 17.09.2017 №602-123-20-3. Звіт Держсанепідслужби України, 2018. С. 655-656.

9. Tachtuiev V.G. Recycling of paper and board industry waste. *Ukrainian Research Institute of Paper*. 2010. №17(89). P. 18-23.

10. Гомеля М.Д., Іваненко О.І., Шаблій Т.О. Практичний посібник з курсу «Промислова екологія» для студентів спеціальності 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» : навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2010. 48 с.

11. Новосад П.В., Челядін Л.І., Челядін В.Л. Теплоізоляційні матеріали на основі техногенних відходів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2009. №655. С. 208-213.

12. Марчевський В.М., Котляр К.М. Технологія одержання біогазу з відходів целюлозно-паперового виробництва. *Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів* : матеріали Всеук. наук.-практ. конф., м. Київ, 31 бер. 2001 р. Київ, 2002. С. 112-113.

13. Мазепа Ю.В., Семінський О.О., Рябцев Г.Л., Екобезпечні способи перероблення вологого осаду стічних вод целюлозно-паперового виробництва. *Вісник НТУУ «КПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2017. №172(1). С. 55-59.

14. Мазепа Ю.В., Семінський О.О. Вплив температури на утворення біогазу з відходів целюлозно-паперового виробництва. *Вісник НТУУ «КПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2018. №174(1). С. 109-113.

15. Гомеля Н.Д., Превер А.Д., Радовечник В.М. Утилізація скопа. Влияние реагентов на эффективность фильтрования скопа. *Экотехнологии и ресурсозбережение*. 1999. №5. С. 47-50.

16. Гомеля Н.Д., Коваль А.С. Интенсификация процессов обезвоживания и формования бумажного полотна при производстве бумаги и картона с использованием макулатуры : материалы 8-й Междунар. науч.-техн. конф. PAPERFOR-2014. Санкт-Петербург, 2014. С. 79-81.

17. Бать Р.Я., Мальований М.С. Технологія створення біокомпозиції на основі відходів лісової та целюлозно-паперової промисловості. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. №16(2). С.86-88.

18. Шепелюк І.Р., Шепелюк О.О., Лютий П.В. Напрями використання скопу целюлозно-паперового виробництва. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. №24(9). С.171-174.

19. Пономарева А.М. Краткий справочник физико-химических величин. *Физико-химический справочник* / за ред.: А.А. Равделя. Санкт-Петербург, 1998. Т.9. С. 164.

20. Житнюк В.А., Белкина Е.В. Исследование возможности рециркуляции скопа в технологическом процессе картонно-бумажного производства. *Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика*. 2015. №4. С. 138-147.

21. Баталин Б. Козлов И. Скоп как сорбционно-активное вещество. *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2006. №2. С. 37.

22. Фазуллин Д.Д., Маврин Г.В., Шайхiev И.Г. Физико-химические свойства сорбентов для очистки водоземulsionных сточных вод. *Вестник технологического университета*. 2015. №6(18). С. 259-262.

23. Чулкова И.Л., Селиванов И.А., Галдина В.Д. Исследование влияния добавки скопа на структурообразование цементного камня методом количественного рентгенофазового анализа. *Вестник СибАДИ. Строительство и архитектура*. 2019. №4(16). С. 504-518.

24. ДСТУ EN 622-5:2006. Плити деревоволокнисті. Технічні умови. Частина 5. Вимоги до плит, отриманих сухим способом (EN 622-5:1997, IDT). [Чинний від 2007-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 10 с.

25. ДСТУ EN 717-2:2006. Плити деревні. Методи визначення виділення формальдегіду. Частина 2. Метод газового аналізу (EN 717-2:1994, IDT). [Чинний від 2007-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 7 с.

26. ТУ У 24.1-05761614.044-2002. Карбамідо-формальдегідна смола «Кафомід». Технічні умови. [Чинний від 2002-01-01]. Київ: Концерн Стирол, 2002. 9 с.

27. ТУ У 24.1-05761614-006-2007. Смолы карбамидоформальдегидные КФС. Технічні умови. [Чинний від 2007-05-01]. Київ: Концерн Стирол, 2007. 13 с.

28. Трофименко Н.С. Гранично допустимі концентрації та орієнтовні безпечні рівні діяння забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. Мінекоресурсів України : Донецьк, 2017. С. 25-66.

29. ДСанПіН 8.2.1-181-2012. Полімерні та полімеромісні матеріали, вироби і конструкції, що застосовуються у будівництві та виробництві меблів. Гігієнічні вимоги. [Чинний з 2012-12-29]. Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 2012. С. 12-30.

30. Лютий П.В., Ортинська Г.Є., Бехта П.А. Емісія формальдегіду з деревинних композиційних матеріалів: норми та методи визначення. *Вісник НЛТУ України*. 2014. №12. С. 259-265.

31. Дудкин Б.Н., Кривошапкин П.В., Кривошапкина Е.Ф. Влияние частиц наноксида алюминия на свойства карбамидоформальдегидной смолы. *Прикладная химия*. 2006. №9. С. 1538-1541.

32. ДСТУ EN 923:2019. Клеї. Терміни та визначення понять (EN 923:2015 + A1, IDT). [Чинний від 2019-09-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 12 с.

33. Масленнікова Л.Д., Шелест І.В. Вплив полівінілацетату на зміну структури поліакрилату. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2011. №1(9). С. 33-41.

34. ДСТУ EN 310:2003 Плити деревинні. Визначення модуля пружності та міцності під час згинання (EN 310:1992, IDT). [Чинний від 2003-10-02]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 14 с.

35. ДСТУ EN 326-1:2006 Плити деревинні. Відбирання зразків, вирізування та контролювання. Частина 1. Відбирання і вирізування випробних зразків, опрацювання результатів випробування (EN 326-1:1994, IDT). [Чинний від 2007-10-01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДІ «Ресурс», 2007. 12 с.

36. ДСТУ EN 319:2006 Плити деревностружкові та деревноволокнисті. Визначання міцності на розтяг перпендикулярно площині плити (EN 319:1999, IDT). [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 11 с.

37. Абдикаримов М.Н., Жубанов Б.А. Изучение процессов пиролиза и горючести красок на основе сополимеров винилацетата. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2019. №57(1). С. 237-244.

38. Рабинович В.Ю., Ганиев Э.Ш. Влияние совместимости и содержания пластификаторов на динамическую термостабильность и разогрев ПВХ композиций при смешении и переработке. *Вестник МИТХТ*. 2010. №6(5). С. 88-90.

39. Свешникова О.Н., Аниськина Е.В. Переработка отходов производства корпусной мебели как способ сбережения материальных ресурсов. *Вестник Мордовского государственного университета*. 2018. №8. С. 9-16.

40. Сафарин Е.Х. Особенности переработки отходов деревообрабатывающего предприятия. *Современные технологии деревообрабатывающей промышленности*. 2017. №13. С. 78-86.

41. Еремин С.С. Использование древесных отходов. *Известия Сибирского государственного университета науки и технологий*. 2019. №23. С. 27-30.

42. Irle M., Couret L., Belloncle C. Advanced recycling of post-consumer solid wood and MDF. *Wood Material Science & Engineering*. 2019. №14. P. 19-23.

43. Kharazipour A., Kues U. Recycling of Wood Composites and Solid Wood Products. *Wood production, wood technology, and biotechnological impacts*. 2007. №16. P. 509-533.

44. Mantanis G., Athanassiadou E. A New Process for Recycling Waste Fiberboards. *Wood Material Science & Engineering*. 2019. №14. P. 79-87.

45. Azambuja R., Castro V., Trianosky R. Recycling wood waste from construction and demolition to produce particleboards. *Maderas. Ciencia y tecnología*. 2018. №20(4). P. 137-145.

46. Халтуринский Н.А., Голованов А.В., Попова М.Н. Материалы из вторичного ПВХ пониженной горючести. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2019. №16(4). С. 120-124.

47. Седых В.А. Технические свойства упаковочных пленок на основе ПВХ. *Вестник ВГУИТ*. 2013. №2. С. 141-146.

48. Субботин Е.В., Щербинин А.Г. Термический анализ ПВХ-пластификаторов. *Научно-технический вестник Поволжья*. 2013. №5. С. 59-62.

49. Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування : Закон України від 08.07.2010 р. № 2464-VI. Дата оновлення: 09.08.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2464-17> (дата звернення: 03.12.2019).

50. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 р. № 2755-VI. *Голос України*. 2010. 04 груд. (№ 229-230). С. 17-83.

51. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексу. *Сучасні проблеми економіки і підприємництва*. 2018. №21. С. 94-101.