

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Екологічна оцінка утворення та використання відходів паперового виробництва»

Виконав: студент групи ЕКО-22м

спеціальності 101 – «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Лисенко В. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕХТЗД

Іщенко В. А.

(прізвище та ініціали)

«13» 12 2023 р.

Опонент: д.х.н., професор кафедри ЕХТЗД

Рацський А. П.

(прізвище та ініціали)

«12» 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕХТЗД

к.т.н., доц. Іщенко В. А.

(прізвище та ініціали)

«13» грудня 2023 р.

Вінниця – 2023 року

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра Екології, хімії та технологій захисту довкілля

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 10 «Природничі науки»

Спеціальність – 101 – «Екологія»

Освітньо-професійна програма – "Екологія"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕХТЗД
Іщенко В.А.
18 вересня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лисенку Владиславу Олександровичу



(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Екологічна оцінка утворення та використання відходів паперового виробництва»
керівник роботи Іщенко Віталій Анатолійович
затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» вересня 2023 року № 247
2. Строк подання студентом роботи «13» грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: Середня кількість відходів паперового виробництва, які утворюються на ККП «Київський картонно-паперовий комбінат» – 81 т/добу.
4. Зміст текстової частини:
 1. Технології виробництва паперу
 2. Технологічний процес виробництва паперу з макулатури
 3. Аналіз відходів паперового виробництва
 4. Рекомендації щодо управління відходами паперового виробництва
 5. Еколого-економічна ефективність методів утилізації відходів

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

1. Склад і характеристика рослинних волокон
2. Властивості наповнювачів і волокнистих матеріалів
3. Загальна технологічна схема виготовлення паперу і картону
4. Кількість і склад легких відходів
5. Скоп з локальних очисних споруд
6. Вміст важких металів у скопі

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | виконання прийняв |
| 5 Еколого-економічна ефективність методів утилізації відходів | Краєвська Алла Станіславівна |  |  |

7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1. | Технології виробництва паперу | 30.09.2023 | |
| 2. | Технологічний процес виробництва паперу з макулатури | 15.10.2023 | |
| 3. | Аналіз відходів паперового виробництва | 31.10.2023 | |
| 4. | Рекомендації щодо управління відходами паперового виробництва | 15.11.2023 | |
| 5. | Еколого-економічна ефективність методів утилізації відходів | 30.11.2023 | |
| 6. | Підготовка висновків, додатків і переліку літератури. | 13.12.2023 | |

Студент  _____ Лисенко В. О.
(підпис)

Керівник роботи  _____ Іщенко В. А.
(підпис)

ВІДГУК

наукового керівника на магістерську кваліфікаційну роботу Лисенка В.О. «Екологічна оцінка утворення та використання відходів паперового виробництва»

Поводження з відходами паперового виробництва є важливою задачею, оскільки ці відходи містять токсичні речовини, які при неналежному поводженні з ними потрапляють у довкілля і становлять значну загрозу для нього. Питання відходів паперового виробництва є недостатньо вивченим з наукової точки зору. У зв'язку з цим важливим є Екологічна оцінка утворення та використання відходів паперового виробництва.

Робота містить детальний аналіз відходів паперового виробництва, аналіз обсягів їх утворення. Проаналізовані технологічні процеси, при яких утворюються відходи паперового виробництва, а також способи їх використання у виробництві паперової продукції. Вивчені способи поводження з відходами паперового виробництва, які застосовуються в Україні.

Також варто відзначити проведену оцінку ефективності утилізації відходів паперового виробництва. Крім того, запропоновані важливі рекомендації щодо ефективного управління відходами паперового виробництва.

В цілому магістерська кваліфікаційна робота виконана на високому рівні і має значну практичну цінність. Тому рекомендую оцінити роботу на «відмінно».

Науковий керівник,

к. т. н., зав. каф. ЕХТЗД



Віталій ІЩЕНКО

ВІДГУК

опонента на магістерську кваліфікаційну роботу студента групи ЕКО-22м Лисенка В. О. на тему «Екологічна оцінка утворення та використання відходів паперового виробництва»

Магістерська кваліфікаційна робота Лисенка В. О. присвячена екологічній оцінці, утворенню та використанню відходів паперового виробництва та аналізу, шляхів зменшення його негативного впливу шляхом впровадження природоохоронних технологій.

Паперова промисловість, як і інші галузі виробничої промисловості, чинить негативний вплив на навколишнє середовище та забруднює атмосферу, оскільки при виробництві паперу використовується кислота; друга причина - відновлення або видалення відходів виробів паперових / картонних – це, звичайно ж, турбота про довкілля!. Такий підхід рятує природу від вирубки лісів, а також від потрапляння в неї небезпечних речовин, що містяться в макулатурі.

Робота Лисенка В. О. включає детальний огляд літературних джерел та аналіз екологічного впливу підприємств з виробництва паперу України на стан навколишнього середовища.

В магістерській кваліфікаційній роботі проаналізовано сучасний стан папероробної промисловості, її вплив на довкілля. Дана характеристика технологій виробництва паперу, утворення та викидів забруднюючих речовин підприємством. Розраховано технологічний процес виробництва паперу з макулатури. Був проведений аналіз відходів паперового виробництва.

В передостанньому розділі роботи наведені рекомендації щодо управління відходами паперового виробництва, мінімізацію утворення відходів, описано утилізацію та методи утилізації відходів паперового виробництва.

Як недоліки можна відзначити таке:

- варто було б навести інформацію про те, як саме отримано наведені у табл. 3.6 – 3.7 значення або подати посилання на методики розрахунків;
- деякі посилання оформлені без дотримання вимог чинних стандартів;

Загалом магістерська кваліфікаційна робота Лисенка В. О. на тему «Екологічна оцінка утворення та використання відходів паперового виробництва» заслуговує на оцінку «добре»..

Професор кафедри екології, хімії
та технологій захисту довкілля
Вінницького національного
технічного університету,
доктор хімічних наук, професор



А. П. Ранський

АНОТАЦІЯ

УДК 504.054

Лисенко В.О. «Екологічна оцінка утворення та використання відходів паперового виробництва». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 101 – «Екологія», освітня програма – «Екологія». Вінниця: ВНТУ, 2023. 93 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 17 назв; рис.: 15; табл.: 14.

У магістерській кваліфікаційній роботі проаналізовано технології виробництва паперу, технологічний процес виробництва паперу з макулатури, аналіз відходів паперового виробництва, розроблені рекомендації щодо управління відходами паперового виробництва.

Ключові слова: виробництво паперу, макулатура, папір, відходи, утворення відходів.

ABSTRACT

UDC 504.054

Lysenko V.O. "Ecological assessment of the formation and use of paper production waste". Master's qualification work in specialty 101 – "Ecology", educational program – "Ecology". Vinnytsia: VNTU, 2023. 93 p.

In Ukrainian. Bibliography: 17 titles; Figs. 15; Tables: 14.

The master's qualification work shows the technologies of paper production, the technological process of paper production from waste paper, the analysis of paper production waste, recommendations for managing paper production waste.

Keywords: paper production, waste paper, fillers, decolorization, raw materials, coloring, concentrate.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП..... | 6 |
| 1 ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ..... | 9 |
| 1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ.... | 9 |
| 1.2. КЛАСИФІКАЦІЯ ПАПЕРУ..... | 11 |
| 1.3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ВИДІВ ПАПЕРУ..... | 13 |
| 1.4 ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ..... | 13 |
| 1.5 СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ, ЇХ ВПЛИВ НА ВЛАСТИВОСТІ ПАПЕРУ..... | 14 |
| 1.6. ДЕРЕВНА МАСА, СПОСОБИ ЇЇ ОТРИМАНН..... | 16 |
| 1.7. ПРОКЛЕЙКА..... | 19 |
| 1.8. НАПОВНЮВАЧІ..... | 22 |
| 1.9. ФАРБУВАННЯ ПАПЕРУ | 23 |
| 1.10. СИНТЕТИЧНІ ВОЛОКНА – ПЕРЕВАГИ Й НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ ... | 24 |
| 1.11. ОЗДОБЛЕННЯ ПАПЕРУ, МЕТОДИ ОЗДОБЛЕННЯ..... | 25 |
| 1.12. ПАПЕРОРІБНІ МАШИНИ..... | 26 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ З МАКУЛАТУРИ..... | 29 |
| 2.1 ПРОЦЕС ПЕРЕРОБКИ МАКУЛАТУРИ..... | 29 |
| 2.2 ПЕРЕРОБКА МАКУЛАТУРНОЇ СИРОВИНИ..... | 29 |
| 2.3 ВІДБІЛЮВАННЯ ТА ЗБИВАННЯ..... | 30 |
| 2.4 ПРОЦЕС ВАРІННЯ МАКУЛАТУРИ..... | 32 |
| 2.5 МАШИНИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ МАКУЛАТУРИ..... | 32 |
| 2.6 ПРОСПЮВАННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ | 33 |
| 2.7 ЗНЕБАРВЛЕННЯ | 33 |
| 2.8. ПРОМИВНИЙ КОНЦЕНТРАТ..... | 33 |
| 3. АНАЛІЗ ВІДХОДІВ ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА..... | 34 |
| 3.1 ВІДХОДИ ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА..... | 34 |
| 3.2 УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА НА ПРИКЛАДІ ПРАТ «КИЇВСЬКИЙ КАРТОННО-ПАПЕРОВИЙ КОМБІНАТ»..... | 35 |
| 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА..... | 49 |
| 4.1 ЗАКОНОДАВСТВО ЄС..... | 50 |
| 4.2 МІНІМІЗАЦІЯ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ..... | 55 |
| 4.3 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ..... | 57 |
| 4.4 МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА..... | 57 |
| 4.4.1 СПАЛЮВАННЯ..... | 57 |
| 4.4.2 ПІРОЛІЗ..... | 59 |
| 4.4.3 ПАРОВИЙ РЕФОРМІНГ..... | 60 |
| 4.4.4 МОКРЕ ОКИСЛЕННЯ..... | 60 |
| 4.4.5 НАДКРИТИЧНЕ ОКИСЛЕННЯ ВОДИ..... | 62 |

| | |
|---|----|
| 4.4.6 ГАЗИФІКАЦІЯ..... | 62 |
| 4.4.7 УТИЛІЗАЦІЯ У ЦЕМЕНТНІЙ ТА ЦЕГЛЯНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ АБО ВИРОБНИЦТВІ ІНШИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ..... | 64 |
| 4.4.8 КОМПОСТУВАННЯ..... | 65 |
| 4.4.9 ВНЕСЕННЯ В ҐРУНТ..... | 65 |
| 4.4.10 АНАЕРОБНЕ РОЗКЛАДАННЯ..... | 66 |
| 4.4.11 ІНШІ МЕТОДИ..... | 67 |

5 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ..... 70

5.1 ОСОБЛИВОСТІ НАРАХУВАННЯ І СПЛАТИ ЕКОЛОГІЧНОГО ПОДАТКУ ЗА
РОЗМІЩЕННЯ ВІДХОДІВ70

5.2 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ
ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА77

ВИСНОВКИ.....83

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ84

ДОДАТОК А.....86

ДОДАТОК Б.....87

ВСТУП

Актуальність. Як всім відомо, паперові відходи широко використовуються для виробництва великої кількості нової продукції і мають один із найвищих показників утилізації серед всіх видів відходів. Також підприємства з утилізації паперу є найбільшими у Європі виробниками альтернативної енергії [1]. Кількість паперу, який в подальшому утилізується, постійно зростає. Як зазначають автори [2], це пов'язано не тільки із вдосконаленням технологій, але й із необхідністю зменшення впливу на довкілля. Однак, в процесі утилізації паперових відходів, які переважно містять домішки інших матеріалів, також утворюються нові відходи. Їх склад та фізико-хімічні властивості, як показують автори [3], залежать від якості та виду макулатури. Первинна фракція відходів утворюється одразу після розмелюванні і розмочування макулатури. Дані відходи, крім паперових волокон (целюлози та її похідних), містять також полістирол, поліпропілен, поліетилентерефталат (ПЕТ), поліамід, фторопласти, полівінілхлорид, наповнювачі та зв'язуючі речовини, поверхнево-активні речовини, клеї, відбілювачі, сліди важких металів та інші речовини [4, 5, 6, 7]. Також ці відходи містять текстиль та металеві включення. Крім того, після подальших операцій з утилізації макулатури утворюються інші відходи – скоп, які містять залишки паперових волокон, наповнювачі, дрібнодисперсні мінеральні частинки [6].

Таким чином, виникає необхідність переробки новоутворених відходів. Одним із найпоширеніших способів поводження з такими відходами є їх спалювання з метою отримання енергії. При цьому також використовується захоронення на полігонах, яке, однак, є значно гіршим варіантом через більші екологічні наслідки (зокрема, авторами [8, 9] доведено негативний вплив речовин, які містяться у відходах переробки макулатури, на живі організми). Крім того, автори [10, 11] зазначають, що спалювання з метою отримання енергії в деяких випадках може бути навіть більш ефективним, ніж рециклінг, в залежності від вихідних даних та критеріїв оцінювання.

З екологічної точки зору, головними недоліками спалювання відходів переробки макулатури є потенційно високий рівень забруднення повітря, в тому числі хлорвмісними сполуками, та наявність важких металів у золі. Таким чином, в залежності від складу і фізико-хімічних характеристик відходів, а також від способу спалювання, може бути необхідна дороговартісна система очищення. Для зменшення фінансових витрат і дотримання нормативів викидів доцільно проаналізувати екологічні показники різних методів, які можуть бути використані для спалювання відходів переробки макулатури.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами. Дана робота виконувалась відповідно до наукового напрямку кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля ВНТУ і в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи 16-Д-406 «Оцінка техногенного впливу небезпечних відходів на довкілля та ресурсного потенціалу їх рециклінгу».

Метою роботи є екологічна оцінка утворення, переробки та використання відходів паперового виробництва шляхом впровадження природоохоронних технологій.

Завдання роботи. Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

1. Дослідити технології виробництва паперу
2. Проаналізувати технологічний процес виробництва паперу з макулатури
3. Провести аналіз відходів паперового виробництва
4. Розробити рекомендації щодо управління відходами паперового виробництва.
5. Еколого-економічна ефективність методів утилізації відходів

Об'єкт досліджень – процес утворення відходів паперового виробництва.

Предмет досліджень – параметри процесу утворення відходів паперового виробництва.

Новизна одержаних результатів. Набуло подальшого розвитку наукове обґрунтування методів утилізації відходів паперового виробництва, що

дозволить зменшити вплив на довкілля підприємств целюлозно-паперової галузі.

Практична цінність роботи полягає у розробленні рекомендацій щодо управління відходами паперового виробництва.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Викладені у МКР положення доповідались на науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України – 2023».

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

1. Лисенко В.О., Іщенко В.А. Управління відходами паперового виробництва. «Енергоефективність в галузях економіки України – 2023», 2023.

Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19378/16132>.

1 ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ

1.1 Характеристика основних волокнистих напівфабрикатів

Папір являє собою пористо-капілярний матеріал, із масою квадратного метра до 250 г, що складається переважно із рослинних волокон, що пов'язані між собою силами поверхневого зчеплення, в якому містяться проклеювальні речовини, мінеральні наповнювачі, натуральні й хімічні волокна, а також барвники й пігменти. Картон – це багат шаровий матеріал, який містить переважно рослинні волокна та відрізняється від паперу більшою товщиною і масою квадратного метра.

Папір з відповідними властивостями отримують спеціальним підбором і певною обробкою волокнистих матеріалів.

Напівфабрикати – це волокнисті матеріали, з яких виготовляється папір. Їх можна виділити з рослинної сировини, і перш за все з деревини. Але з цією метою можна використовувати, очерет та інші рослини, а також стебла тютюну, соломку, деревні відходи та ін.

Хімічний склад рослинних клітин залежить від виду рослин, місця та умов їх росту, від того, з якої частини рослини вони були взяті. Всі рослинні містять целюлозу, геміцелюлози, інкрустуючі речовини (лігнін), смоли, білки, мінеральні речовини.

Целюлоза – полімер лінійної будови, з великою кількістю гідроксильних груп які, окрім гнучкості, притаманній практично всім органічним волокнам, має здатність розмелюватися і скріплюватися.

Формула целюлози $(C_6H_{10}O_5)_n$, де n – число полімеризації або кількість глюкозидних залишків. Кожен глюкозидний залишок розміщується паралельно один одному, утворюючи фібрили різної товщини і довжини, з'єднані між собою водневим зв'язком. Міцність водневого зв'язку є малою, що дозволяє легко руйнувати структуру сировини і потім знову з'єднувати волокна при відновленні його для виготовлення паперу.

З хімічної точки зору целюлози складається з α -, β -, γ -целюлози.

α -целюлоза ($n > 300$) надає волокнам міцності, хімічної і термічної стійкості. Виготовлений папір має більшу довговічність і стабільність білизни. Але волокна α -целюлози є хрусткими, тому важко фібрилюються (розмелюються).

β -целюлоза є продуктом деструкції α -целюлози і складається з коротших ланцюгів ($n = 50 \dots 200$). Має меншу міцність і довговічність, але легко розмелюється.

Геміцелюлози – це вуглеводи з меншим, ніж у целюлози, ступенем полімеризації, містять глюкозу, гексози, а також пентози. На відміну від целюлози, вони розчиняються у лугах, краще набухають у воді, це в свою чергу, покращує скріплення волокон у структурі паперу. Але в процесі варки целюлози, геміцелюлоза легко руйнується, особливо у кислому середовищі.

Окрім целюлози, рослинні клітини містять ще інкрустуючі речовини (надають міцності деревині, як деревний цемент, блокує всі водневі зв'язки, не дає пластифікувати) – **лігнін**. Лігнін – не стійкий до дії світла, тому волокна, які містять лігнін, з часом жовтіють. Лігнін зменшує міцність і довговічність паперу, збільшує хрупкість і пористість.

Основна сировина сучасної целюлозно-паперової промисловості – деревина хвойних і листяних порід (бук, ялина, осика, тополя та ін.), однорічні рослини – очерет, а також бавовняний лист. Чим більше в початковій сировині целюлози, тим цінніший цей матеріал для виробництва паперу. В чистому вигляді целюлоза в природі не зустрічається. Що цікаво, волокна бавовни містять 90 – 95% целюлози, волокна льону – 80 – 85%, в різноманітних видах деревини вміст целюлози коливається в межах від 40 – 60%, в стеблах соломи – 30 – 35%.

Волокна хвойних порід деревини мають більшу довжину і тому є ціннішою сировиною для виготовлення паперу.

Для виробництва міцного, гладкого і білого паперу, зазвичай використовують волокнисті напівфабрикати, які не містять лігніну, а саме: деревну целюлозу, бавовну та ін. Для інших видів паперу використовують

целюлозу в суміші з дешевшим напівфабрикатом – **деревною масою**, яка містить лігнін.

1.2 Класифікація паперу

Відповідно до класифікації, яка застосовується в промисловості, папір традиційно поділяють за призначенням на 9 груп: 1) папір для друку; 2)оздоблювальний; 3)для писання, 4)креслення та малювання; 5)електротехнічний; 6)пакувальний та обгортковий; 7)світлочутливий; 8)для виготовлення цигарок і сигар; 8)вбирний; 9)технічно-промисловий папір різного призначення. Кожна група об'єднує види паперу, які різняться між собою за складом, масою 1м^2 , ступенем проклеювання, кількістю наповнювача та іншими властивостями.

Папір для друку – це папір для друкування видавничої продукції. Він включає такі види – тонкий типографський, офсетний, газетний, типографський, для глибокого друку, картографічний, документний, обкладинковий, етикетковий, титульний тощо. Недоліком цієї класифікації є те, що види паперу визначені як за сферою застосування (етикетковий, газетний), так і за способом друку (типографський, офсетний).

Для поліграфістів найважливішою ознакою класифікації паперу для друку являється спосіб друку, для якого він призначений. За цією ознакою папір поділяють на 2 категорії – 1)з використанням друкарської форми (високий, плоский, глибокий, трафаретний); 2)без використання друкарської форми (електрофотографічний, електростатичний, струменевий, термографічний тощо).

За волокнистим складом папір поділяють на 4 групи:

- чистоцелюлозний;
- із вмістом деревної маси;
- із вмістом макулатури;
- із використанням недеревної сировини.

Перша група – це каландрований чистоцелюлозний (чи з невеликим

вмістом деревної маси) папір із високим ступенем білості (86– 97%), масою 60–150 г/м². Він використовується для багатокольорових книг, журналів, високохудожніх каталогів, довідників та інших видань тривалого терміну служби.

До паперу зі значним вмістом деревної маси відносять найтонші види паперу (45–51 г/м²), які застосовуються переважно для друкування газет. Щільніший папір (55–70 г/м²) використовується для друкування інструкцій, книг, інформаційних листків. Такий папір може бути облагороджений чи крейдований, мати один шар покриття. Для довідників і газетних вкладок випускають папір тонований, що також може бути облагороджений. Такий вид паперу відносно дешевий, він придатний лише для друкування текстів і нескладних чорно-білих ілюстрацій та схем.

Папір із вмістом макулатури та недеревної сировини займає незначний відсоток на ринку паперу для друку.

За ступенем проклеювання папір для друку поділяють на: 1)сильнопроклеєний, 2)проклеєний, 3)слабопроклеєний, 4)непроклеєний. Для виробництва першого (рекламного, картографічного) вводять 2-3 % проклеювальних речовин від маси абсолютно сухого волокна; для виготовлення слабопроклеєного (типографського, офсетного) – 0,5–1,5 %.

За вмістом масової частки золи папір для друку поділяють на:

- малозольний (із зольністю до 5 %) – газетний та інші види паперу, тут важливо зберегти механічну міцність;
- середньої зольності (із зольністю від 5 до 15 %) – офсетний та деякі види паперу для друку;
- високозольний (із зольністю понад 15 %) – типографський та інші види паперу, тут важливо мати високу непрозорість та друкарські властивості. Вміст наповнювачів у них високий, але повинен бути не більше 25–30 %.

1.3. Характеристика основних видів паперу

У таблиці 1.1 наведені характеристики паперу відповідно до стандарту.

Таблиця 1.1 – Характеристика основних видів паперу для друку

| Вид паперу | Характеристика за ДСТУ 2101-92 |
|---------------------|---|
| Газетний | Непроклеєний малозольний папір із достатнім вмістом деревної маси, застосовують для друкування газет |
| Типографський | Слабопроклеєний середньозольний або підвищеної зольності папір для друкування високим друком |
| Офсетний | Проклеєний середньозольний папір із обмеженою деформацією після зволоження, застосовують для друкування видань способом офсетного друку |
| Для глибокого друку | Слабопроклеєний папір підвищеної зольності зрівною зімкненою поверхнею, застосовують для друкування видань способом глибокого друку |
| Картографічний | Вологоміцний сильно проклеєний папір із низькою лінійною та залишковою деформацією, застосовують для друкування картографічних видань |
| Документний | Довговічний сильно проклеєний папір із водяними знаками або без них для виготовлення документів |
| Етикетковий | Проклеєний папір однобічно пігментований або з однобічною гладкістю, застосовують для друкування багатоколірних етикеток або друкарським способом із наступним їх обробленням |

1.4 Поліграфічні матеріали

У сучасній поліграфічній промисловості використовують матеріали, номенклатура яких сягає понад дві тисячі видів, а вартість цих матеріалів складає у різних випадках від 40 до 70 % вартості усіх виробничих витрат. Тому й стає зрозумілим, чому так важливо уміло використовувати ці матеріали у роботі.

На виробництві матеріали поділяють на основні та допоміжні. Основні матеріали входять до складу готової продукції і визначають споживчі її властивості (задруковувані матеріали; палітурні матеріали; фарби). У той час, як допоміжні матеріали лише задіяні у процесі виробництва, але до складу готової продукції вони не входять (різноманітні хімікати, змашувальні матеріали, матеріали для фарбових валиків, фототехнічні плівки, друкарські форми). На основі знань про властивості матеріалів, технологічні процеси та їх фізико-хімічні характеристики розділили матеріали на три основні групи, виходячи з технологічного процесу виготовлення поліграфічної продукції.

До першої групи матеріалів відносять: фотоматеріали та формні матеріали. Вони у свою чергу згруповані за призначенням: формні матеріали для високого та флексографічного друку, плоского офсетного, глибокого та тамподруку, трафаретного друку.

До другої групи матеріалів відносять: папір та картон, фарби та лаки, невбираючі задруковувані поверхні (скло, метали, пластмаси та ін.), матеріали з поліуретанів (декелі, марзани, друкарські валики), зволожувальні розчини, змашувальні матеріали.

До третьої групи відносять: палітурні матеріали (фольга та плівки, покривні матеріали, клеї).

1.5 Способи отримання целюлози, їх вплив на властивості паперу

Целюлозу отримують за допомогою хімічної обробки деревини, при цьому виводяться інкрустуючі речовини, головним чином лігнін. Лігнін здатний утворювати з деякими хімічними речовинами розчинні в воді утворення, які потім при промивці відділяються. На теперішній час широко застосовуються два методи отримання целюлози: сульфатний (різновид лужного) і сульфітний (кислотний).

Підготовка деревини перед отриманням з неї целюлози зводиться до наступних дій: стовбури деревини розпилюють на баланси і ретельно очищають від кори; потім баланси рубають на щепу довжиною ~ 20 x 20 мм і товщиною

3 – 5 мм, потім сортують, так як від однорідності щепи залежить рівномірність її просочування хімічними реагентами, ступінь очищення від лігніну і якість целюлози, яка отримується.

Сульфітним способом целюлозу отримують з хвойних порід дерев з невеликим вмістом смоли, наприклад ялини. Щепу загрузають в залізні герметично закриті котли, і заливають варочною кислотою, тобто розчином бісульфату кальцію $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$. Він у водному середовищі розпадається на сірчисту кислоту H_2SO_3 і кальцій сульфід CaSO_3 . Варять целюлозу при 140–150°C і при тиску 5066–6079 ГПа (5 – 6 атм) протягом 8–12 год. В процесі варки лігнін взаємодіє з сірчаною кислотою, і утворюються дуже активні лігнінсульфонові кислоти, вони і руйнують волокна целюлози. Але присутній у варочній кислоті сульфід калію нейтралізує лігнінсульфонові кислоти, переводячи їх в розчинні солі кальція лігнінсульфонових кислот, які при промивці целюлози видаляються. Далі целюлозу сортують, так як після промивки можуть залишитися непроварені пучки волокон, щепи та ін. Найкращою целюлозою є та, з якої в процесі варки видалено найбільш можлива кількість лігніну без руйнування целюлозних волокон. Оскільки лігнінсульфонові кислоти, які утворюються під час варки, частково руйнують целюлозу, і тим самим зменшують міцність волокон, то процес варки ведуть не до повного видалення лігніну. Крім того, в залежності від часу варки отримують целюлозу з різним вмістом лігніну: в м'якій целюлозі – 1–2%, в середній – 3–4%, в жорсткій – 5–6%. Вихід целюлози при сульфітному способі складає 45–50%, інкрустуючі речовини при цьому переходять в розчин. Хочу зазначити, волокна сульфітної целюлози достатньо міцні, еластичні, легко відбілюються. Вони йдуть на виготовлення всіх видів друкарського паперу.

Целюлоза, отримана в процесі варки деревини, вирізняється низькою білизною, тому непридатна для виготовлення високоякісного білого паперу. Для підвищення білизни вона піддається відбілюванню. Кращі види друкарського паперу виготовляють на основі біленої целюлози, а дешеві, наприклад газетну та ін. – з небіленої сульфітної целюлози.

В останні роки став широко застосовуватись *сульфатний спосіб*

отримання целюлози. Основним реагентом тут являється луг NaOH і натрій сульфід Na₂S. Щепу варять при більш високій, ніж при сульфітному способі, температурі (165–175° С), і більшому тиску (7092–8106 ГПа, або 7–8 атм). При цьому тривалість варки зменшується до 1,5–2 год. Луг руйнує лігнін без глибокого руйнування целюлози і переводить його в розчинний стан смоли, яка містяться в деревині. При сульфатному способі в якості сировини використовують смолисті породи дерев, наприклад сосна, ялиця у вигляді відходів будівельних матеріалів. Важливу роль в процесі варки відіграє натрій сульфід: у водних розчинах він розпадається на натрій гідроксид і сульфогідрат натрію: $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NaSH} + \text{NaOH}$. Таким чином, натрій сульфід підвищує вміст лугу в розчині, а сульфогідрат натрію, що дуже важливо, утворює з лігніном певний продукт – тіолігнін, який легко розчинний в лугах. Сульфатна целюлоза має високу міцність, але має недолік – коричневий колір. Волокна забарвлюються розчиненими смолами. Тому небілену сульфатну целюлозу використовують тільки для виготовлення високоміцного пакувального і паперу для обгорткування. Процес оздоблення сульфатної целюлози дуже складний і затратний. Але білену сульфатну целюлозу застосовують для виготовлення високоякісного паперу для документів, грошових знаків та ін, завдяки високій міцності. Сульфатний спосіб виробництва целюлози в є більш перспективним в порівнянні з сульфітним, оскільки дозволяє переробляти відходи деревообробної промисловості з хвойних та листяних порід деревини. Крім того, цим способом вдається практично повністю регенерувати луги, які утворюються в процесі варки.

1.6 Деревна маса, способи її отримання

У целюлозно-паперовій промисловості використовуються такі види деревної маси:

- біла дефібрерна деревина маса;
- бура деревна маса;
- рафінерна деревна маса;

- термомеханічна деревна маса (ТММ).

Деревна маса являє собою волокнистий матеріал, який отриманий механічним подрібненням деревини. Деревна маса неоднорідна – разом з волокнистими частинками, в ній багато дрібних пиловидних і великих частинок неправильної форми. Метод отримання деревної маси, в порівнянні з вищеописаним, – простіший, дешевший, менш енергоємний, з більшим виходом по волокну (86–90%). Виходячи з цього, деревна маса – найдешевший волокнистий напівфабрикат. До складу деревної маси входять як целюлоза, так і лігнін. Ця маса широко використовується для виробництва різноманітних видів паперу і картону. Частинки деревної маси, що нещільно прилягають надають паперу крупнопористої структуру і більшої всотуючої здатності. Сировина для виготовлення деревної маси використовують ялину, рідше осику та інші листяні породи дерев. Властивості деревної маси залежать від способу її виготовлення і підготовки деревини. Деревну масу виготовляють різних видів.

Біла дефібрерна деревна маса. Стовбури дерев розпилюють на колоди довжиною 2–3 м, ретельно очищують від кори, потім ці баланси стирають на абразивній робочій поверхні камінця, який швидко обертається в машині – дефібрері – при неперервній подачі води. Деревна маса, що отримана на дефібрері (дефібрерна) містить окремі волокна, обривки волокон і грубі нерозтерті пучки. Потім її сильно розбавляють водою (вміст волокна 2–8%), сортують, щоб затримати щепу і сторонні домішки. Отримана після сортування деревна маса вже не потребує додаткової обробки, вона придатна для виробництва паперу. Отриману таким чином деревну масу називають білою.

Деревна маса є найдоступнішим і незамінним напівфабрикатом для виробництва деяких видів паперу. Вона надає йому такі властивості, як: добре сприйняття фарби, м'якість і непрозорість. Але папір, який містить деревну масу, має здатність швидко втрачати механічну міцність, в результаті старіння, з часом жовтіє. Його застосовують для видань з обмеженим терміном служби.

Бура деревна маса отримується дефібруванням деревини, яка попередньо проварена при підвищеній температурі і тиску для її набухання, розрихлення і

розм'якшення. В результаті цього полегшується дефібрування і утворюється більше довговолокнистих частинок. Але температурний вплив викликає потемніння лігніну. Тому бура деревна маса, зазвичай, використовується для виготовлення картону для палітурних робіт.

Рафінерна деревна маса – це різновид білої деревної маси. Її отримують стиранням подрібненої в щепу деревини в дискових млинах – рафінерах. Щепа вводиться в щілину між дисками, які обертаються, поверхня яких покрита перетираючими елементами. По виході з рафінера маса обов'язково сортується і більші частинки направляються на повторне рафінування. Рафінерна маса містить більше довговолокнистих частинок та має кращі папероутворюючі властивості, а ніж деревна маса, яку отримують в дефібрерах.

Термомеханічну деревну масу (ТММ) отримують в результаті переробки щепи у дискових млинах, яку попередньо проварюють при високій температурі (110–130°C) для того, щоб розм'якшити лігнін, який в ній міститься. Це звичайно покращує якість волокнистого матеріалу, підвищується якість довговолокнистої фракції, знижується вміст костри (нерозмелених частинок деревини). Введення ТММ в папір надає свої переваги: підвищує його міцність і однорідність структури. Тому при виробництві паперу частково, а іноді й повністю, ТММ може замінити целюлозу. ТММ від целюлози відрізняється великим виходом з деревини і меншою вартістю.

Інші види целюлозно-волокнистого матеріалу

Гарні напівфабрикати можуть бути отримані не лише з деревини, але й з іншої рослинної сировини (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Склад і характеристика рослинних волокон

| Волокно | Вміст, % | | Довжина волокна, мм | Ширина волокна, мм | Відношення дов- жини волокна до ширини |
|---------|----------|---------|---------------------------|--------------------------|---|
| | целюлози | лігніну | | | |
| Бавовна | 85 – 92 | – | 10 – 50 | 0,011 – 0,042 | 1100 – 1500 |

| | | | | | |
|--------------------|---------|-----------|-----------|---------------|-------------|
| Бавовняний пух | 81 – 90 | – | 3 – 10 | 0,012 – 0,020 | 350 |
| Льон | 73 – 82 | 1,8 – 3,2 | 31 – 40 | 0,013 – 0,026 | 1300 – 1900 |
| Конопля | 77 | 5,4 | 5 – 56 | 0,015 – 0,050 | 950 |
| Целюлоза солом'яна | 46 – 50 | 24 – 25 | 0,6 – 2,0 | 0,02 – 0,03 | 75 |
| Целюлоза ялинова | 50 – 56 | 27 – 30 | 2,7 – 4,0 | 0,024 – 0,07 | 66 |
| Целюлоза соснова | 55 – 59 | 25 – 28 | 2,6 – 4,5 | 0,04 – 0,078 | 75 |
| Целюлоза осикова | 51 | 19– 22 | 0,9 – 1,7 | 0,02 – 0,046 | 32 |

1.7 Проклейка

До складу паперу часто вводять різноманітні домішки для регулювання його властивостей, а саме: наповнювачі, фарбуючі речовини, проклеюючі речовини та ін. Проклейка – це фізико-хімічна обробка волокна для зниження гідрофільності паперу (гідрофобізуюча проклейка) і для покращення зв'язку між волокнами в ньому (зв'язуюча проклейка). Для цього й застосовують різні гідрофобізуючі і зв'язуючі проклеюючі речовини.

Способи проклейки:

1. Проклейка в масі (проклеюючі речовини вводяться в паперову масу до відливу паперу).
2. Проклейка поверхнева (проклеюючі речовини наносяться на поверхню готового паперу під час його оздоблення).

Гідрофобізуюча проклейка. Так як в целюлозі міститься велика кількість гідроксильних груп, а це надає паперу гідрофільності. Тому він добре змочується, вбирає воду і навіть поглинає вологу з повітря (гігроскопічність). При цьому папір набухає, змінюється в розмірах, зв'язки між волокнами

послаблюються і в результаті цього зменшується його міцність. Щоб зменшити вологосприйнятність паперу, потрібно зменшити гідрофільність целюлозного волокна, для цього до складу паперу вводять гідрофобні частинки, які не змочуються водою.

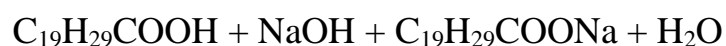
Каніфольна проклейка робиться в масі. В якості гідрофобізуючої домішки використовується каніфоль – це тверда смола, яку отримують із соснової смоли (живиці) після відгонки з неї скипидару. Каніфоль складається з суміші смоляних кислот (близько 80% в ній міститься абієтинової кислоти $C_{19}H_{29}COOH$). Гідрофобність абієтинової кислоти пов'язують з наявністю в ній великого неполярного радикала – $C_{19}H_{29}$, перекриваючого полярність карбоксильної групи. Для проклейки з твердої каніфолі, яка нерозчинна у воді, готують стабільну водну дисперсію – каніфольний клей. Для цього її варять у розчині соди до отримання каніфольного мила – натрієвих солей смоляних кислот (натрію резинат):



Колоїдний розчин, який утворюється, називається бурим каніфольним клеєм.

Гідрофобізація підвищується, якщо частину каніфолі (40–50%) залишити неомиленою. В цьому випадку частково омилена каніфоль диспергується паровим інжектором. У цьому випадку омилена частинка каніфолі служить стабілізатором високодисперсної суспензії смоли або білого каніфольного клею, які утворюються.

Для виготовлення високосмоляного клею, що містить до 90% вільної каніфолі, в нього вводять ще додаткові стабілізатори (натрію казеїт). Такий каніфольний клей вводять в паперову масу. Він сильно розбавляється водою, концентрація стабілізатора падає і відбувається гідроліз резинату:



Дисперсія клею втрачає свою стабільність, і високодисперсні частинки смоляних кислот починають коагуляцію. Розміри частинок збільшуються (гомоагуляція) та осідають і закріплюються на волокні паперової маси, що проклеюється (гетерокоагуляція). Але закріплення смоли на волокні

ускладнюється тим, що і целюлоза, і колоїдні частинки клею, мають негативні заряди. Тому в масу, що проклеюється, додають додатково розчин алюміній сульфату, який, завдяки позитивному заряду поверхні, закріплюється на волокнах та утримує частинки смоли. В структуру паперу смола включається у вигляді окремих гідрофобних зерен. Внаслідок цього зменшується його змочування водою і всотування ним води. Найкраще проклеєні види паперу містять 2–4% каніфолі.

Парафінова і каніфольно-парафінова проклейка. Для проклейки паперу використовують також парафін, який представляє собою суміш твердих вуглеводнів. Їх неполярна структура надає високої гідрофобності. Парафін – дешевий і доступний матеріал. Проклейка парафіном полегшується, якщо його застосовувати в суміші з каніфоллю. Каніфольно-парафіновий клей готують шляхом диспергування суміші парафіну з каніфоллю і одночасним омиленням частини каніфолі. Каніфольно-парафінова проклейка має ряд переваг над каніфольною, а саме: підвищується якість проклейки, економиться дефіцитна каніфоль, зменшується піноутворення при відливі паперу та знижується вартість проклейки.

Зв'язуюча проклейка. Проклейка зв'язуючими речовинами проводиться в масі, але в разі необхідності – і з поверхні, методом нанесення розчину клею на готовий папір. Зв'язуючими речовинами є клеї: крохмаль, карбоксиметилцелюлоза, тваринний клей. Вони посилюють зщеплення волокон в структурі паперу, збільшують його міцність і жорсткість, а також зменшують ворсистість. В результаті цього збільшується гладкість паперу, його опір вищипуванню волокон фарбою і знижується його пилимисть. А також підвищується опір поверхневого шару руйнуванню при стиранні гумкою. Крім того, зв'язуючі проклеюючі речовини сприяють утриманню наповнювача в папері.

Частинки карбамідних смол, що заряджені позитивно, при введенні в паперову масу добре утримуються волокном. При нагріванні в сушильній частині машини полімеризація продовжується. При цьому смола стає нерозчинною в воді і гідрофобною. Завдяки проникненню продуктів

полімеризації в структуру волокна, проходить міцне скріплення суміжних волокон водостійкими зв'язками. Тому проклейка карбідними смолами надає паперові вологостійкості, тобто здатності зберігати міцність при зволоженні.

Проклейка карбамідними смолами. Меламіноформальдегідна і мочевиноформальдегідна проклейка. Цей вид проклейки має як гідрофобізуючу, так і зв'язуючу дію. При взаємодії мочевини і меламіну з формальдегідом утворюються похідні, які містять реакційні метилольні групи. При нагріванні вони виділяють воду, з утворенням подвійних зв'язків ...C — NH — CH₂OH

1.8 Наповнювачі

Для підвищення білизни, гладкості і зниження світлопроникності паперу в паперову масу вводять так наповнювачі. Це білі порошковидні, нерозчинні в воді мінеральні речовини, такі як: сірчаноокислий барій, каолін, діоксид титану та ін. Частинки наповнювача механічно та адсорбційно утримуються волокнами паперу. Це надає йому рівномірної структури і підвищує гладкість поверхні. Висока білизна наповнювачів також підвищує білизну паперу. Відбиток на папері, який містить наповнювач, виходить більш чітким. Книжковий блок більш щільним, з рівним і чітким обрізом, що надає книзі компактності і покращує її зовнішній вигляд.

У зв'язку з малою товщиною, папір має порівняно високу світлопроникність, це є дефектом для друкарського паперу. При наявності наповнювача світло багаторазово переломлюється в місцях контакту волокон з його частинками і розсіюється. Розсіювання буде тим більшим, чим більша різниця у значеннях показників переломлення волокна і наповнювача. Найбільшим показником переломлення володіє діоксид титану (табл. 1.3).

Найбіліший і непрозорий папір отримують при введенні в паперову масу титан(IV)оксиду, але застосування цього наповнювача обмежене в зв'язку з його високою ціною. Найчастіше у паперову масу для друкарського паперу вводять каолін або бланфікс. Тому вони найбільш ефективно знижують

світлопроникність і їх використовують для виготовленні тонкого паперу.

Наповнювачі знижують міцність паперу і роблять його м'якшим, Папір легко деформується, тому що частинки наповнювача ускладнюють контакти між волокнами і зменшують кількість зв'язків в структурі паперу. Крім того наповнювачі збільшують ще й масу паперу, в результаті зменшується витрата волокнистого матеріалу.

В залежності від кількості наповнювачів папери поділяють:

- без наповнювачів – 0% (фільтрувальний, побутового призначення);
- малонаповнений – до 6% (газетний);
- середньонаповнений – 6-18% (офсетний);
- високонаповнений – 18-25% (типографський, для глибокого друку).

Табл. 1.3. Властивості наповнювачів і волокнистих матеріалів

| Матеріал | Щільність, г/см ³ | Показник переломлення | Білизна, % |
|--|------------------------------|-----------------------|------------|
| Каолін (Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O) | 2,4 – 2,7 | 1,54 | до 95 |
| Крейда осаджена (CaCO ₃) | 2,6 | 1,57 | 94 – 98 |
| Барій сульфат (BaSO ₄) | 4,4 | 1,65 | 97 |
| Титан (IV) оксид (TiO ₂) | 3,8 – 4,2 | 2,61 | 96 – 98 |
| Тальк (3MgO·4SiO ₂ ·H ₂ O) | 1,4 | 1,52 | 95 – 98 |
| Целюлоза вибілена | | | 86 – 90 |
| Целюлоза небілена | | | 52 – 65 |
| Деревна маса | | | |
| небілена | | | 67 |
| вибілена | | | 70 – 74 |
| термомеханічна | | | |
| небілена | | | 50 |
| вибілена | | | 60 – 65 |

1.9 Фарбування паперу

Щоб надати паперові більшої білизни, у паперову масу вводять, крім наповнювачів, невелику кількість синіх і фіолетових фарбуючих речовин. Подібно до світлофільтрів, вони мають властивість поглинати промені жовтої частини спектру і усувають жовтий відтінок волокна. Такий прийом покращення білизни називають підфарбовуванням.

Папір фарбують двома способами:

- в масі – дешево, але потрібно опісля вимити машину і скидати стічні води;

- з поверхні – дорого, оскільки потребує спеціального обладнання (валики або додаткові секції до машини).

Особливий ефект досягається при введенні в паперову масу флуоресцентних нефарбованих речовин, які поглинаючи невидимі оку ультрафіолетові промені, випромінюють енергію з більшою довжиною хвилі у видимій частині спектру. Ці так звані «оптичні відбілювачі» нібито збільшують відбивання світла. Окрім того, вони ще й випромінюють світло в синьо-фіолетовій частині спектру, вона ще й компенсує жовтуватий відтінок волокна. Оптичні відбілювачі можна наносити і на поверхню готового паперу. Це ефективніше використання флуоресцентних речовин, оскільки виключається поглинання ультрафіолетових променів в товщі паперу. Та потрібно враховувати композицію паперу. Наприклад, в основу крейдованих паперів дають деревну масу, для зменшення їх вартості, тут оптичні відбілювачі не допоможуть.

1.10 Синтетичні волокна

Останнім часом у виробництві паперу застосовують різноманітні синтетичні волокна. Отримано папір з поліефірних і поліамідних волокон: нітрон, лавсан, капрон та ін. Такі синтетичні волокна вирізняються високою гідрофобністю. При формуванні листа вони скріпляються між собою

спеціальними зв'язуючими, а не за рахунок встановлення водневих зв'язків, яку у целюлозних волокон. Папір із синтетичних волокон має досить високу механічну міцність, еластичність. Він також стійкий до дії лугів, кислот, добре фарбується різними барвниками. Представляють також інтерес синтетичні волокна із вінолу. На відміну від інших синтетичних волокон, вони мають меншу гідрофобність, краще змочуються водою. Саме це і дозволяє застосовувати вінол при виробництві паперу звичайним способом. Папір може бути отриманий як із самого вінолу, так і з суміші з целюлозою. Додання в папір вінолу (3–5% від ваги целюлозного волокна) призводить до значного підвищення міцності паперу. Завдяки своїм відмінним властивостям, папір із синтетичних волокон застосовують для друку географічних карт, документів, а також грошових знаків, виготовлення палітурок та іншої продукції, яка призначена для довготермінового використання.

1.11 Оздоблення паперу

Щоб покращити якість паперу, надати йому відповідних якостей, товарного вигляду і забезпечити збереження при користуванні ним, його піддають обробці. Як правило, всі види паперу піддаються каландруванню безпосередньо в паперообробній машині, в її оздоблювальній частині. Для цього в після сушильної частини в машину вбудовують так званий «машинний каландр». Він складається з декількох металевих полірованих валів, які розташовані один над одним. Проходячи між ними, папір стискається під їх тиском. Волокна зближуються, наповнювач проникає між ними і заповнює нерівності поверхні. В результаті цього зменшується товщина, а також вирівнюється поверхня паперу, підвищується його однорідність по товщині, гладкість, щільність, ще й знижується пористість. За необхідності папір піддається додатковій обробці в суперкаландрі. Він відрізняється від звичайного каландра тим, що металеві вали в ньому чергуються з валами із щільно спресованих паперових листів. Завдяки цьому суттєво підвищується лоск і гладкість паперу суттєво підвищується. Також для покращення

зовнішнього вигляду та властивостей паперу, у деяких випадках проводять ще й крейдування. Покривний шар у вигляді суміші білих пігментів з плівкоутворювачем наносять на поверхню паперу основи у фарбуючих машинах. Надлишок пігментно-фарбової суспензії видаляється повітряним струменем або гнучким шабером (повітряний шабер). Надалі папір підсушується та каландрується. Папір може покриватися або однієї сторони, або з двох сторін, одноразово або багатократно.

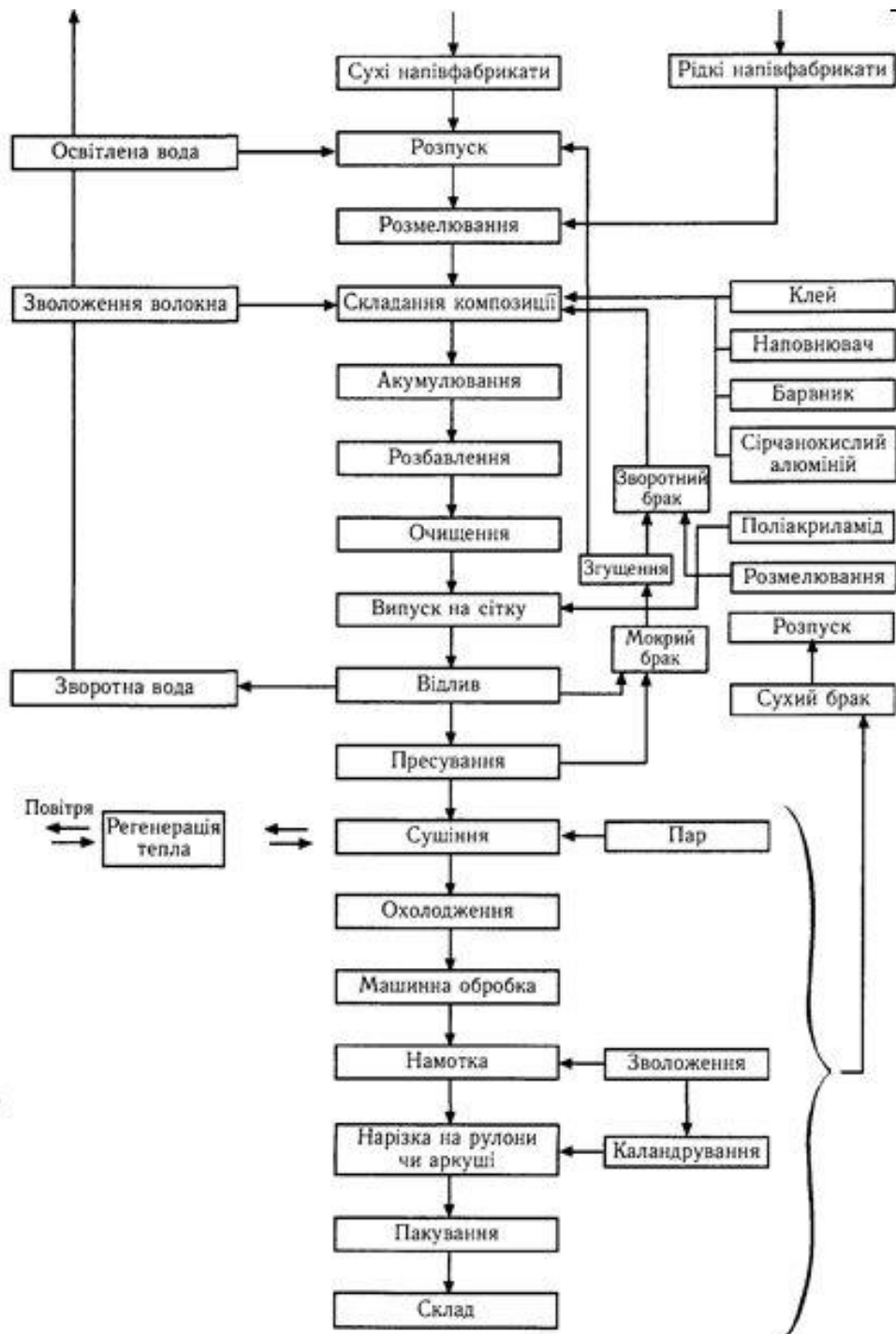


Рисунок 1.1 – Загальна технологічна схема виготовлення паперу і картону

1.12 Папероробні машини

Папероробна машина – це так званий агрегат неперервної дії для виготовлення паперу (картону) з паперової маси. В ньому послідовно виконуються операції вологовідділення, пресування, сушки та оздоблення паперу.

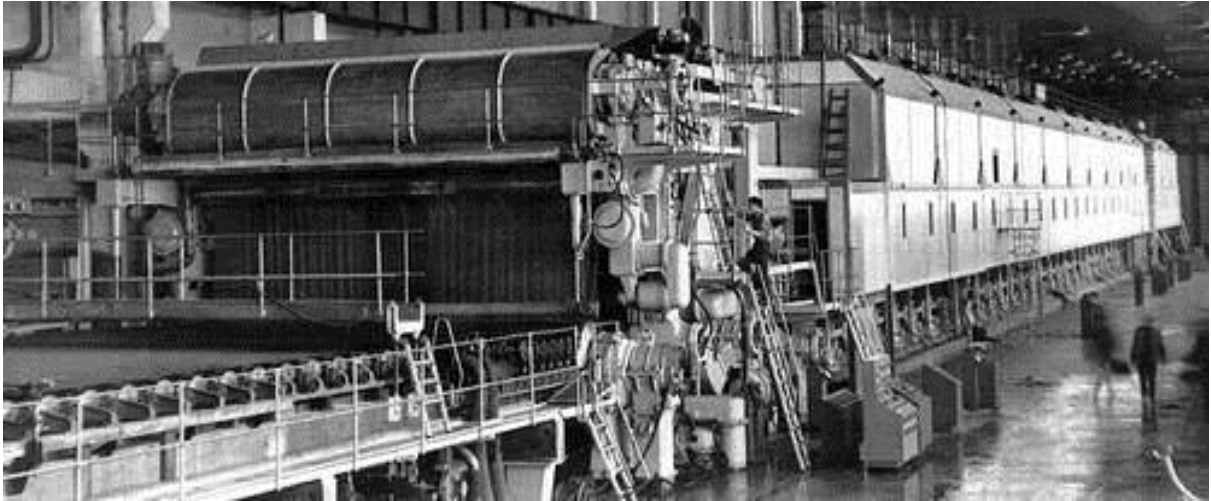


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд папероробної машини.

Розрізняють 2 основних типи папероробних машин. *Плоскостіточні* використовують для виробництва основних видів паперу. На *циліндрових (круглостіточних)* виготовляється обмежений асортимент паперу і картону. Ці типи машин мають різні пристрої для випуску паперової маси на сітку та відливу паперового полотна. Конструкція останніх вузлів, а також технологічний процес виготовлення паперу, аналогічні (за винятком машини «сухого формування» папір виготовляється з синтетичних волокон, тому тут немає розмелювання).

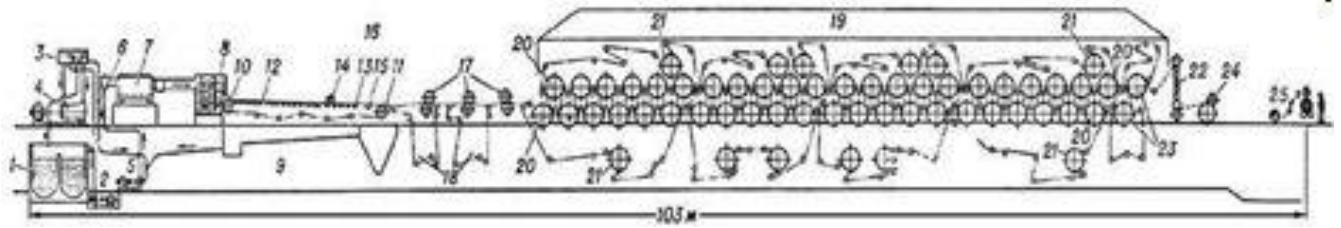


Рисунок 1.3 – Схема плоскіточної папероробної машини: 1 — машинний басейн; 2 — насос; 3 — бак постійного натиску; 4 — конічний млин; 5 — насос змішувача; 6 — засувки; 7 — очисна апаратура; 8 — напірний ящик; 9 — сіткова частина; 10 — грудний вал; 11 — гауч-вал; 12 — реєстрові валики; 13 — відсмоктуючі ящики; 14 — вирівнювальний валик (егутер); 15 — правильний валик; 16 — пресова частина; 17 — валикові преси; 18 — вовняні сукена; 19 — сушильна частина; 20, 21 — сушильні циліндри; 22 — каландр; 23 — холодильний циліндр; 24 — накат; 25 — подов-жньо-розрізний верстат.

Машина для виробництва паперу складається з таких основних частин:

- сіткова — з розведеної суспензії безупинно формується полотно паперу, тут з нього видаляється перша частина надлишкової води;
- пресова — проводиться зневоднювання і ущільнення паперового полотна;
- сушильна — видаляється волога, що залишилася в паперовому полотні;
- оздоблювальна — полотно піддається додатковій обробці для отримання лиску, щільності, гладкості й намотується в рулони.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ З МАКУЛАТУРИ

2.1 Процес переробки макулатури

Процес переробки макулатури найчастіше полягає у змішуванні використаного / старого паперу з водою та хімічними речовинами для його розщеплення. Потім папір подрібнюють і нагрівають, що призводить до подальшого розщеплення на нитки целюлози, типу органічного рослинного матеріалу; отримана суміш називається пульпою або суспензією.

В останні роки було розроблено багато систем для виготовлення целюлози з макулатури.

Після переробки макулатуру знову і знову сортують, замочують у теплій воді та повторно переробляють на целюлозу. Домішки в целюлозі поділяються на дві категорії: пісок, камінці та інші важкі домішки, які утворюють порожнини та шорсткі частинки на поверхні паперу, та поліетиленова плівка, колоїд, частинки пилу та інші легкі домішки. Папір потрібно випікати при високій температурі, і ці домішки будуть плавитися і прилипати до рулону паперу, коли вони зіткнуться з високою температурою, перериваючи операцію. Їх слід відсіювати та очищати окремо.

2.2 Переробка макулатурної сировини

Волокниста маса, вироблена з макулатури, як і первинна волокниста маса, повинна досягти певної якості, перш ніж її можна буде краще використовувати. Система переробки макулатурної сировини зазвичай складніша, ніж система переробки первинного волокна. Для переробки макулатури застосовуються різні процеси та обладнання, залежно від типу макулатурної сировини та виду кінцевої продукції, що виробляється. Загалом, переробка макулатури складається з наступних етапів:

1. Сортування макулатури.

2. Подрібнення та розділення макулатури.
3. Просіювання та очищення.
4. Знежирення (за винятком не знежиреної целюлози).
5. Концентрування.

2.3 Очищення і целюлозування

Сортування макулатури можна розглядати як етап попередньої обробки макулатури, тоді як подрібнення вважається першим етапом процесу варіння макулатури, а відбілювання та збивання – для задоволення кінцевих вимог до якості целюлози. Таким чином, процес переробки макулатури в основному включає чотири етапи дроблення, просіювання, очищення та згущення. Однак через велику кількість домішок, що містяться у макулатурі, особливо через застосування пластмас, гарячих розплавів та інших синтетичних матеріалів на паперових виробках, просіювання та очищення при переробці макулатури є складним завданням. Тому просіювання та очищення стало ключовим питанням процесу переробки макулатури. Таким чином, весь процес переробки макулатури можна узагальнити як проблему між подрібненням та очищенням. Знебарвлення макулатури, що містить чорнило, є особливою вимогою при переробці макулатури, і це фактично є процесом очищення.

Виробничий процес переробки макулатури на целюлозу

Відповідно до різних видів макулатурної сировини та різновидів продукції, виробничий процес переробки макулатури на целюлозу можна комбінувати різними способами, які можна просто поділити на дві категорії. Перша категорія – це вибілена знебарвлена макулатура, а друга категорія – натуральна кольорова макулатура. Процес виробництва целюлози з макулатури в основному включає чотири етапи: дроблення, просіювання, очищення та згущення.

У процесі переробки макулатури целюлозні продукти поділяються на натуральну кольорову пасту та вибілену целюлозу. Етапи виробництва паперу для отримання первинної кольорової целюлози, дезінтеграції, очищення та

видалення терморозчиненої макулатури. При виробництві вибіленої целюлози на цій основі додається знебарвлення та інші способи обробки.

Процес целюлозування звичайної макулатури складається із таких етапів:

1. Після розпакування макулатури та видалення залізного дроту вона транспортується пластинчастим конвеєром до гідророзпушувача для дезінтеграції. Гідророзбивач виконує розщеплення макулатури та видалення фарби з макулатури. Целюлоза після фарби потрапляє в бак для целюлози.
2. Пульпа піднімається з бака пульпи на високочастотний вібраційний екран за допомогою пульпонасоса, а високочастотний вібраційний екран відіграє роль просіювання та відокремлення домішок; просіяна пульпа потрапляє в бак пульпи
3. Пульповий насос піднімає пульпу з накопичувального бака в згущувач з роторною решіткою. Згущувач з ротаційним екраном в основному збільшує низьку концентрацію целюлози за рахунок концентрації, і в той же час він може досягти мети промивання целюлози; концентрований басейн припливу целюлози.
4. Целюлоза піднімається в промивну машину за допомогою целюлозного насоса, і функція полягає в очищенні целюлози та відбілюванні целюлози; целюлоза після відбілювання автоматично надходить у резервуар для целюлози
5. Целюлоза піднімається в рафінатор за допомогою насоса для целюлози, і вона подрібнюється в рафінаторі. Після того, як целюлоза стане тонкою, вона автоматично потече в резервуар для целюлози.
6. Насос для целюлози підніме целюлозу на стіл для відстоювання піску, а піщана відстійна плита відокремить домішки, такі як пісок та зола, щоб отримати чисту целюлозу. Функція коробки полягає в узгодженні концентрації целюлози.
7. Після того, як целюлоза кондиціонує в напірній коробці, а потім вдруге видаляється насосом для видалення піску для видалення домішок, целюлоза направляється в коробку стабілізації целюлози для повторної целюлози для отримання чистої целюлози.

2.4 Процес варіння макулатури

1. Процес виробництва вибіленої та знебарвленої макулатури.

Сировиною для виробництва вибіленої та знебарвленої макулатури є біла макулатура, така як старі газети, старий журнальний папір, старий книжковий папір, білий змішаний макулатурний папір, білі друкарські відходи з друкарень тощо. Готова целюлоза направляється в папероробну систему для виробництва газетного паперу, журнального паперу, паперу для письма, побутового паперу тощо. З кожної тони переробленої макулатури можна отримати 0,8-0,85 тони вибіленої та знебарвленої макулатурної маси.

2. Процес виробництва незабарвленої макулатурної маси.

Сировиною для виробництва безбарвної макулатури є безбарвна макулатура, така як відходи гофрованих коробок, макулатурний папір, кольорова змішана макулатура, відходи картонних фабрик тощо. Готова целюлоза направляється на папероробну машину для виробництва лайнеркартону, гофрованого паперу, пакувального паперу, паперових мішків тощо. З кожної тони переробленої макулатури можна отримати 0,85-0,9 тони натуральної макулатурної маси.

2.5 Машини для переробки макулатури

Найпоширенішими подрібнювачами макулатури є гідропульверизатори та циліндричні подрібнювачі. Гідравлічний подрібнювач широко використовується в процесі переробки макулатури в країні та за кордоном. За структурою гідроподрібнювача розрізняють вертикальні та горизонтальні типи, за режимом роботи – безперервні та періодичні, а за концентрацією пульпи – LC та HC.

2.6 Просіювання та очищення

Очищення макулатурної маси використовується для обробки грубого матеріалу на передньому кінці виробничої лінії. Для того, щоб відокремити великогабаритні домішки від грубої маси, макулатура повинна бути розбавлена до низької консистенції. Для цього зазвичай використовують напірні сита, напірні вузлов'язальні машини тощо.

2.7 Знебарвлення

Флотаційне знебарвлення в основному використовується для виробництва знебарвленої целюлози. Оскільки більшість друкарських фарб є маслянистими матеріалами, частинки фарби є гідрофобними. Для збору частинок фарби і підняття їх над целюлозою використовується поверхнево-активна речовина. Флотаційна комірка є основним обладнанням для знебарвлення макулатури.

2.8 Промивний концентрат

Процес промивання целюлози полягає в розчиненні неволокнистих розчинних речовин водою або розріджувачем під час варіння целюлози, і в той же час відокремлення їх від волокна, і, нарешті, отримання чистої целюлози. Взагалі кажучи, процес промивання целюлози – це також процес вилучення відпрацьованої рідини. До поширеного мийного обладнання належать вакуумні барабанні пральні машини, двовалкові преси, одношнекові преси, дискові фільтри тощо. Процес згущення збільшує концентрацію целюлози, полегшує її зберігання та стабілізує концентрацію целюлози відповідно до вимог наступного процесу. Це також економить споживання енергії при транспортуванні пульпи. За принципом концентраційного промивання промивне та збагачувальне обладнання можна розділити на тип LC, тип HC, тип середньої концентрації та тип витіснювального промивання.

3 АНАЛІЗ ВІДХОДІВ ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Відходи паперового виробництва

Паперова продукція, яка прийшла у непридатність, зрозуміло що, підлягає відновленню (утилізації) або видаленню. При цьому мається на увазі не тільки фізичний знос, а також інформаційний – газети, технічна, бухгалтерська і буклети, журнали, рекламні брошури та інша документація, тара, упаковка з картону і паперу, технологічний папір / картон мають обмежений термін придатності. Доволі часто непотрібна паперова продукція просто відправляється у смітник, хоча правильніше було б її відновити або видалити.

Клас небезпеки паперових відходів

Макулатура вважається безпечним видом сировини, вона відноситься до 4-го класу небезпеки. По суті, це нешкідливим матеріал для людини і навколишнього середовища. При потраплянні в ґрунт, дана паперова продукція протягом одного року стає компостом. Але основної шкоди природі завдає фарба та речовини, що клеють і ламінують, вони входять до складу виробів з паперу та картону. У випадку забруднення небезпечними речовинами (відходами) макулатури, вона набуває відповідного забруднюючого класу небезпеки речовин, і обов'язково має бути оброблена, або відновлена, або видалена.

Основною причиною відновлення макулатури є економічна вигода. Для того, щоб виготовити папір з деревини, потрібно більше води, електроенергії, а також більш дорожче обладнання та матеріали. До того ж виробництво паперу з первинної сировини вважається шкідливим, тому що при виробництві використовується кислота.

Друга причина відновлення або видалення відходів виробів паперових / картонних – це, звичайно ж, турбота про довкілля!. Такий підхід рятує природу від вирубки лісів, а також від потрапляння в неї небезпечних речовин, що містяться в макулатурі. Дуже серйозного впливу на кількість вирубаних дерев це не робить, так як для виробництва паперу використовують сухостій або

відходи від деревопереробного виробництва. Основна вимога до упаковок виробів з паперу, картону, в т.ч. забруднених, під час їх перевезення та тимчасового зберігання до моменту відновлення / видалення, є запобігання забрудненню ними навколишнього середовища або забруднення їх самих.

Стадії відновлення паперових відходів

Виділяють шість основних стадій відновлення паперової продукції:

- сортування і збір;
- виготовлення пульпи, очищення від легких домішок:
- фільтрація від важких домішок:
- його доочищення і вторинний розпуск волокна;
- кінцева чистка;
- обсушування і скручування в рулон, прокат паперової маси через вали.

Кількість циклів для відновлення паперу залежить від обладнання, на якому воно проводиться. В основному паперові відходи можна відновлювати до 7 разів. Це зумовлено тим, що волокна, які піддаються дробленню, в кінці процесу стають настільки короткими, що перестають схоплюватися один з одним. Таку вторсировину зазвичай видаляють на теплових електростанціях.

Видалення виробів з паперу, картону; знищення архівів документів.

У випадку, коли відновлення відходів з паперу, картону недоцільне або унеможлиблюється (наприклад – у разі забрудненості небезпечними речовинами), проводять процес їх видалення (наприклад, за допомогою термічного оброблення). Це теж стосується і необхідності знищення архівів документів.

3.2 Утворення відходів паперового виробництва на прикладі ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат»

У процесі виробничої діяльності на Комбінаті утворюються такі типи відходів, що відрізняються за своїми властивостями та складом.

1. Відходи від розпуску макулатури, очищення макулатурної маси.

Утворюються в розмельно-підготовчих дільницях картонного та паперового виробництв. Виникають під час виробництва волокнистої маси, а також на стадіях очищення і сортування цієї маси. Ця категорія відходів містить легкі та важкі відходи. Легкі відходи: нерозпущене макулатурне волокно, плівка поліетиленова, пластмаси, дерево, фольга, метал. Важкі відходи: металевий джгут, каміння, пісок, скло.

Таблиця 3.1 – Кількість і склад легких відходів:

| Показники | Одиниця виміру | Картонне виробництво | Паперове виробництво |
|---|----------------|----------------------|----------------------|
| Середня кількість відходів, вологих / сухих | т/добу | 32/14 | 9/3 |
| Вологість | % | 54-56 | 65-70 |
| Масова частка золи | % | 20-25 | 25-30 |
| Склад відходів: | | | |
| - нерозпущене макулатурне волокно | % | 20-40 | 20-30 |
| - плівка поліетиленова | % | 35-65 | 60-70 |
| - пластмаси | % | 5-7 | 4-5 |
| - дерево | % | 1-3 | 1-2 |
| - фольга | % | 1-2 | 1-2 |
| - метал | % | 1-2 | 1-2 |



a)



b)



в)



г)

Рисунок 3.1 – Приклади відходів паперового виробництва

2. Відходи очищення стічних вод виробництва картону та паперу – скоп.

Скоп волокнистий макулатурний являє собою зневоднений осад механічного очищення стічних вод картонного та паперового виробництв.

Підготовка макулатурної маси починається з розпуску макулатури в гідророзбивачах. Далі макулатурна маса проходить серію очисного обладнання, розмелювання та досягнення необхідної концентрації перед подачею на картонно- та папероробні машини. На машинах із макулатурної маси відливається картонне та паперове полотно і проводиться його сушіння.

Надлишкові води від картонно і папероробних машин надходять на очищення (відстоювання). Після відстоювання утворюється освітлена вода й осад стічних вод. Освітлена вода повертається у виробництво, де використовується повторно.

Осади стічних вод, утворені в результаті відстоювання, містять значну кількість целюлозного волокна, яке не потрапило до складу готової продукції через свій дрібний розмір.

На Комбінаті скоп утворюється на 4-х дільницях механічного очищення стічних вод з подальшим зневодненням згущеного осаду.

1) на локальних очисних спорудах (ЛОС), де проводиться відстоювання слабозабруднених стічних вод картонного та паперового виробництв у первинних відстійниках ЛОС. Утворений у відстійниках осад подається на зневоднення на шнекові преси.



Рисунок 3.2 – Локальні очисні споруди



Рисунок 3.3 – Шнековий прес



Рисунок 3.4 – Скоп з локальних очисних споруд

Таблиця 3.2 – Вміст водостойкого осаду

| Показники | Одиниця виміру | Значення |
|--|----------------|----------|
| Середня кількість відходів, вологих / сухих | т/добу | 93/32 |
| Вологість | % | 64-66 |
| Масова частка золи | -«-» | 35-50 |

2) на паперовому виробництві в процесі очищення оборотних вод на флотаторах. Осад, утворений від сортування макулатурної маси і згущення від установок напірної флотації, зневоднюється на стрічкових фільтр-пресах фірми «KLEIN».



Рисунок 3.5 – Флотатор

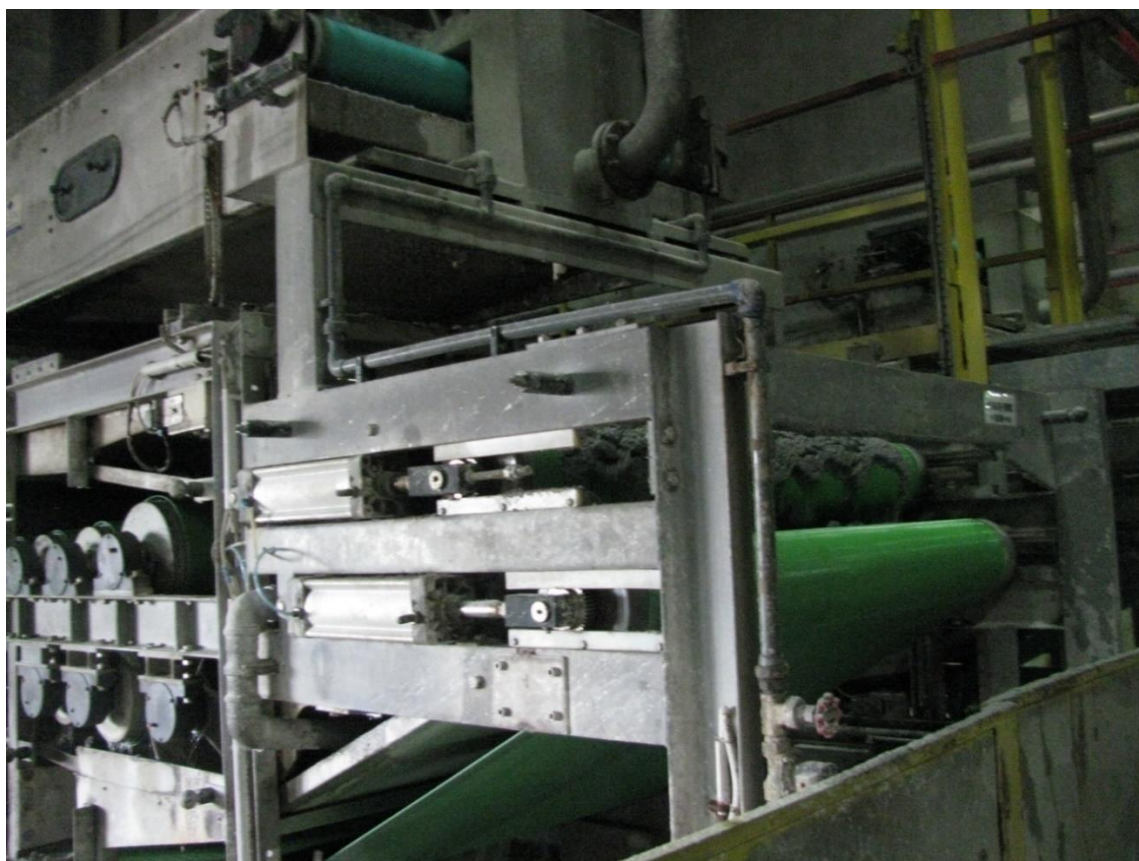


Рисунок 3.6 – Стрічковий фільтр-прес

Таблиця 3.3 – Вміст оборотних вод

| Показники | Одиниця виміру | Значення |
|---|----------------|----------|
| Середня кількість відходів, вологих / сухих | т/добу | 50/21 |
| Вологість | % | 55-58 |
| Масова частка золи | -«- | 40-65 |

3) на картонному виробництві в процесі очищення оборотних вод на флотаторах. Осад, що утворюється від сортування макулатурної маси і згущення від установок напірної флотації, зневоднюється на стрічкових фільтр-пресах «VANEX».



Рисунок 3.7 – Флотатор картонного виробництва



Рисунок 3.8 – Стрічковий фільтр-прес картонного виробництва



Рисунок 3.9 – Відходи картонного виробництва

Таблиця 3.4 – Вміст осаду

| Показники | Одиниця виміру | Значення |
|--|----------------|----------|
| Середня кількість відходів, вологих / сухих | т/добу | 50/24 |
| Вологість | % | 49-52 |
| Масова частка золи | -«- | 35-65 |

4) на каналізаційних очисних спорудах (КОС) у процесі очищення сильнозабруднених стічних вод картонного і паперового виробництва. Осад, утворений у відстійниках, ущільнюється і подається на ділянку механічного зневоднення КОС, де проводиться його зневоднення на стрічкових фільтр-пресах.



Рисунок 3.10 – Механічне зневоднення



Рисунок 3.11 – Стрічковий фільтр-прес каналізаційних очисних споруд



Рисунок 3.12 – Відходи каналізаційних очисних споруд

Таблиця 3.5 – Вміст ущільненого осаду

| Показники | Одиниця виміру | Значення |
|---|----------------|----------|
| Середня кількість відходів, вологих / сухих | т/добу | 81/25 |
| Вологість | % | 68-72 |
| Масова частка золи | -«- | 30-35 |

На кожній із цих технологічних ділянок процес утворення скопа є окремим і завершеним.

Оскільки скоп – це відходи виробництва продукції з макулатури, значну частину сухих речовин скопа (30–65%) становить целюлозне волокно (вуглець, водень). Інші складові скопа – це сполуки, кремнію, алюмінію (каолін), кальцію, заліза, калію, азоту, фосфору.

Таблиця 3.6 – Вміст скопу

| Показники | Одиниця виміру | Значення |
|---|----------------|----------|
| Вуглець | % | 35,6 |
| Водень | -«- | 4,2 |
| Азот | -«- | 0,38 |
| Кальцій, у перерахунку на CaO | -«- | 34,4 |
| Фосфор у перерахунку на P ₂ O ₅ | -«- | 0,11 |
| Калій, у перерахунку на K ₂ O | -«- | 0,4 |
| Кремній, у перерахунку на SO ₂ | -«- | 19,1 |
| Алюміній, у перерахунку на Al ₂ O ₃ | -«- | 9,0 |
| Залізо, у перерахунку на Fe ₂ O ₃ | -«- | 0,8 |

Скоп може містити важкі метали як складові фарб із макулатурної сировини.

Таблиця 3.7 – Вміст важких металів у скопі

| Назва хімічного елемента | Вміст хімічного елемента, мг/кг | Фонове значення вмісту хімічного елемента в ґрунті, мг/кг | Орієнтовні ГДК хімічних елементів у ґрунті, мг/кг |
|--------------------------|---------------------------------|---|---|
| Мідь | 12,78 | 20,0 | 55,0 |
| Хром | 1,76 | 200,0 | 200,0 |
| Свинець | 7,14 | 10,0 | 30,0 |
| Цинк | 46,11 | 50,0 | 100,0 |
| Кадмій | 0,1 | 0,5 | 0,5 |

3. Осад госпобутових стічних вод з надлишковим активним мулом каналізаційних очисних споруд біологічного очищення надходить для зневоднення на мулові карти. Час витримки осаду на мулових картах для закінчення процесу підсушування і знезараження – не менше 3 років.

Таблиця 3.8 – Вміст осаду з надлишковим активним мулом

| Показники | Одиниця виміру | Значення |
|--|----------------|----------|
| Середня кількість відходів, вологих/ сухих | т/добу | 10/3 |
| Вологість | % | 60-70 |
| Масова частка золи | -«- | 35-40 |
| Азот | -«- | 1,1 |
| Фосфор | -«- | 0,8 |
| Калій | -«- | 1,3 |

Усі відходи, що утворюються від переробки макулатури, та осад стічних вод за ступенем токсичності основних хімічних компонентів характеризуються як малонебезпечні і належать до четвертого класу токсичності.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Різноманітні процеси в целюлозно-паперовій промисловості призводять до утворення різних твердих відходів і шламів. Тверді відходи в основному утворюються під час варіння целюлози, роботи знежирювальних установок та очищення стічних вод. Кількість і склад твердих відходів залежать від сорту паперу, що виробляється, використовуваної сировини, застосовуваних технологічних прийомів і властивостей паперу, яких необхідно досягти. Значні потоки залишкових відходів целюлозно-паперових комбінатів включають шлами очищення стічних вод, вапняний шлам, вапно, вапняний шлам, вапняний шлам, вапняний шлам, вапняний шлам, вапняний шлам, вапняний шрот, відходи зеленого розчину, котельної та пічної золи, шлам скрубєрів та відходи деревообробки. У перерахунку на об'єму, більшість твердих або рідких відходів – це відходи переробки стічних вод, хоча відходи деревини також утворюються у великих кількостях.

Загалом, тверді відходи целюлозно-паперового виробництва є вологими і містять деякі органічні сполуки у вигляді деревної або переробленої паперової маси, хлоровані органічні сполуки та патогенні мікроорганізми, значну кількість попелу та сліди важких металів.

У той час як склад твердих відходів целюлозно-паперових комбінатів відомий і постійний, завдяки сучасним висококонтрольованим виробничим процесам, склад шламу, з іншого боку, широко варіюється в різних галузях промисловості і залежить від типу операцій, що виконуються на комбінаті. Відходи можуть бути повторно використані та перероблені у безпечний та екологічний спосіб, тому кількість полігонів для захоронення відходів суттєво зменшується як їх кінцевий пункт призначення. Насправді, в таких країнах, як Німеччина, Іспанія та Нідерланди, певні види відходів не можуть бути захоронені на полігонах. Крім того, чинне законодавство та збільшення податків призвели до дослідження нетрадиційних методів управління або нових видів використання твердих відходів целюлозно-паперової промисловості.

Однак, специфічна фізична форма цих відходів створює проблеми при їх переробці та утилізації, а біологічний мул, що утворюється під час біологічного очищення стічних вод, є особливо проблематичним. Ці осади мають низький вміст сухої речовини і потребують кондиціонування перед тим, як з ними можна буде належним чином поводитися. Такі осади зазвичай згущують, а потім або спалюють у котлі, що працює на корі, разом з корою від переробки деревини, або використовують для захоронення осаду на полігоні. Проблеми, пов'язані з захороненням шламів та інших відходів, полягають у великих обсягах і можливості витоку небезпечних речовин у навколишнє середовище. Частка відходів, що захоронюються на полігонах, постійно зменшується в Європі протягом останніх років, як показано в таблиці, на користь використання як вторинної сировини в інших галузях промисловості та інших сферах застосування (наприклад, для покращення ґрунтів, у дорожньому будівництві, при реконструкції земель, а також для спільного спалювання на теплових або електростанціях). Це виправдовує велику кількість досліджень, проведених протягом останнього десятиліття, спрямованих на вивчення альтернативних способів переробки відходів з метою мінімізації їх можливих негативних наслідків, а також на нові сфери застосування відходів, такі як, наприклад, дорожнє будівництво, цегляна промисловість, лісове та садівниче господарство.

Через збільшення використання переробленого паперу, більш широке застосування водоочищення, посилення законодавства та зростання витрат на утилізацію відходів целюлозно-паперова промисловість змушена приділяти все більше уваги управлінню відходами.

4.1 Законодавство ЄС

Основою європейського законодавства про відходи є Рамкова директива про відходи, яка викладена в Директивах Ради про відходи 75/442/ЄЕС (зі змінами, внесеними 91/156/ЄЕС) та про небезпечні відходи 91/689/ЄЕС. Відходи Рамкове законодавство включає дві категорії директив: ті, що

встановлюють вимоги до дозволу та експлуатації об'єктів з утилізації відходів, і ті, що стосуються варіантів утилізації конкретних видів відходів. На додаток до цих директив, Регламент 259/93/ЄЕС встановлює систему контролю за переміщенням відходів в межах, на територію та з території Європейського Союзу. Рамкова директива про відходи буде переглянута, ймовірно, у 2008 році, з метою модернізації, спрощення та уточнення, де це необхідно, а також посилення стандартів та запобігання утворенню відходів.

Директива 75/442/ЄЕС визначає відходи як "будь-який предмет або об'єкт, який власник викидає або має намір чи зобов'язаний викинути". Її мета – змусити держави-члени заохочувати запобігання утворенню або зменшення кількості відходів та їхньої шкідливості шляхом заохочення розвитку чистих технологій, технічного вдосконалення продукції та методів її утилізації. Держави-члени повинні вжити необхідних заходів для забезпечення того, щоб відходи утилізувалися без загрози для здоров'я людей, а також

- не створювали ризику для води, повітря, ґрунту, рослин і тварин
- не створювали неприємних відчуттів через шум або запахи;
- не завдаючи шкоди сільській місцевості або місцям, що становлять особливий інтерес.

Наразі ЄС визнає п'ять основних принципів поводження з відходами:

- Ієрархія управління відходами. Стратегії управління відходами повинні бути спрямовані на запобігання або зменшення утворення відходів та зменшення їх шкідливого впливу шляхом розвитку чистих технологій. Крім того, необхідно докладати зусиль для того, щоб сприяти, по-перше, розробці та просуванню на ринок продукції, яка має якомога менший обсяг відходів, і, по-друге, для того, щоб по-перше, це оцінка впливу на навколишнє середовище з точки зору забруднення, якщо таке є, і, по-друге, розробка відповідних методів для остаточного видалення небезпечних речовин, що містяться у відходах, які призначені для утилізації.

- Якщо вищезгадані стратегії неможливі або не є екологічно та економічно життєздатними одночасно, відходи слід повторно використовувати, переробляти, відновлювати або використовувати як джерело енергії за умови,

що ці методи покращують або, принаймні, не знижують суттєво якість кінцевого продукту. Як останній варіант, відходи слід безпечно утилізувати, наприклад, на полігонах

- Самодостатність на рівні громади і, якщо можливо, на рівні держави-члена. Держави-члени повинні створити, у співпраці з іншими державами-членами, інтегровану та адекватну мережу об'єктів з утилізації відходів, беручи до уваги географічні обставини або потребу в спеціалізованих установках для певних видів відходів.

- Найкращі доступні технології, що не спричиняють надмірних витрат (BATNEEC). Викиди від об'єктів у навколишнє середовище повинні бути максимально скорочені і в найбільш економічно ефективний спосіб.

- Близькість. Відходи повинні утилізуватися якомога ближче до джерела за допомогою найбільш прийнятних методів і технологій з метою забезпечення високого рівня захисту навколишнього середовища та здоров'я населення.

- Відповідальність виробника. Зокрема, виробники повинні бути залучені до завершення життєвого циклу своєї продукції, починаючи з виробництва і протягом усього терміну її корисного використання, доки вона остаточно не стане відходами.

Принципи стратегії поводження з відходами в Європейському Союзі реалізуються, насамперед, через директиви, регламенти та рішення ЄК, які створюють юридичні зобов'язання, що мають обов'язкову силу:

На початку 2004 року Рада та Європейський Парламент прийняли Директиву 2004/12/ЄС про внесення змін до директиви 94/62/ЄС про упаковку та відходи упаковки. Метою цієї нової Директиви є "гармонізація національних заходів щодо управління упаковкою та відходами упаковки". Крім того, вона має подвійну мету – захистити навколишнє середовище і водночас оптимізувати функціонування внутрішнього ринку. Обмежений перегляд передбачає, що до кінця 2008 року держави-члени повинні будуть досягти мінімального рівня переробки 55% та мінімального рівня відновлення 60%. Загальний рівень переробки відходів упаковки має становити щонайменше 60% за вагою, а загальний рівень переробки – щонайменше 55% та щонайбільше 80% за вагою.

Частиною перегляду є пропозиція встановити мінімальний рівень переробки на рівні 60% для паперової та картонної упаковки до кінця 2008 року. У документі також зазначено, що коли йдеться про використану перероблену паперову та картонну упаковку, "альтернативні методи поводження з відходами, такі як компостування та спалювання з отриманням енергії, можуть, для певних фракцій та за певних умов, бути порівнянними з переробкою".

Паперова промисловість (представлена Координаційною групою з питань паперової упаковки, PPCG) висловила кілька занепокоєнь щодо переробки паперу, але вони впевнені, що мінімальна мета з переробки може бути досягнута, головним чином оскільки мінімальний рівень переробки відходів співставний з добровільним зобов'язанням промисловості підвищити рівень переробки відходів до 60% до 2008 року по всій Європі.

Метою Директиви про полігони 1999/31/ЄС є запобігання або зменшення, наскільки це можливо, негативного впливу захоронених відходів на навколишнє середовище шляхом запровадження суворих технічних вимог до відходів та полігонів. Для паперової промисловості вона значно обмежує можливості захоронення на полігонах відходів, що біологічно розкладаються. Ця європейська директива передбачає скорочення біологічно розкладних муніципальних відходів, що підлягають захороненню, до 75% від загального обсягу біологічно розкладних муніципальних відходів, утворених у 1995 році, до 2006 року, до 50% до 2009 року і до 35% до 2016 року.

Директива ще не поширюється на полігони, але Комісія має намір розширити сферу дії Директиви, як тільки будуть доступні більш достовірні статистичні дані про промислові полігони.

Кілька держав-членів ЄС вже запровадили законодавство про відходи і підвищили податки, щоб обмежити захоронення відходів на полігонах і заохотити розвиток більш сталих практик поводження з відходами. Наприклад, в Англії податки становлять:

- 7 фунтів стерлінгів за тону для активних відходів (вторинний або біологічний мул) і 2 фунти стерлінгів за тону для неактивних відходів (первинний мул) були введені в 2002 році. Ці значення були збільшені до 2004

року, досягнувши 15 фунтів стерлінгів за тонну. У 2006-2007 роках стандартна ставка податку на захоронення відходів на полігонах становила 21 фунт стерлінгів за тонну активних відходів. Щорічно податок збільшується щонайменше на

- 3 фунтів стерлінгів за тонну, щоб досягти середньо- та довгострокової ставки 35 фунтів стерлінгів за тонну. Метою є захоронення лише 85% від обсягу відходів, захоронених у 1998 році, щоб зменшити кількість промислових та комерційних відходів, що відправляються на полігони.

Крім того, Директива 86/278/ЄЕС про захист навколишнього середовища, ґрунту при використанні осаду стічних вод у сільському господарстві в даний час перебуває на стадії внесення поправок, і нова директива буде до неї вноситься поправки, і буде прийнята нова директива. Ця нова запропонована Директива майже повністю переглядає попередню Директиву. Її мета – це регулювати використання осаду стічних вод у сільському господарстві таким чином, щоб запобігти шкідливому впливу на ґрунт, рослинність, тварин і людей. Найважливішим новим аспектом є запровадження чітких вимог до визначення передових і традиційних методів обробки, спрямованих, головним чином, на знезараження осаду та зменшення неприємного запаху. Запропоновані значення гранично допустимих концентрацій важких металів, органічних сполук і діоксинів є більш суворими, ніж у минулому, а також запропоновані нові значення гранично допустимих концентрацій фосфору. Очевидно, що обмеження, накладені новою Директивою, зроблять використання осаду в сільському господарстві більш проблематичним, і що для виконання нових вимог будуть потрібні значні інвестиції. З іншого боку, найближчим часом очікується прийняття директиви про компостування (Директива про біологічні відходи), яка встановить специфікації відходів, дозволених для компостування, технічні критерії, яких необхідно дотримуватися в процесі компостування, а також специфікації якості компосту. Наразі Комісія працює над шістьма тематичними напрямками, включаючи стратегію щодо переробки відходів, ґрунтів та сталого використання природних ресурсів.

Директива про комплексне запобігання та контроль забруднення (96/61/CE) також стосується целюлозно-паперової промисловості. Вона встановлює заходи, спрямовані на скорочення або, якщо можливо, усунення викидів у повітря, воду та землю. Вона також включає заходи, що стосуються відходів, з метою досягнення високого загального рівня захисту навколишнього середовища. Вона також включає найкращі доступні технології (НДТ), які визначають найефективніші та найсучасніші етапи.

Нарешті, метою Директиви про спалювання відходів (2000/76/EC) є запобігання або зменшення, наскільки це можливо, забруднення повітря, води та ґрунту, спричинене спалювання або спільне спалювання відходів, зменшуючи при цьому ризик для здоров'я людини, пов'язаний з процесами спалювання. Не охоплює:

- волокнисті рослинні відходи від виробництва первинної целюлози та від виробництва паперу з целюлози, за умови, що вони спалюються на місці виробництва, а тепло, отримане в результаті спалювання, використовується;

- волокнисті рослинні відходи від виробництва первинної целюлози та від виробництва паперу з целюлози, якщо вони спалюються на місці виробництва, а тепло, що при цьому утворюється, утилізується;

- деревні відходи, за винятком тих, які можуть містити галогеновані органічні сполуки або важкі метали в результаті обробки.

- важкі метали в результаті обробки деревини консервантами або покриттям, наприклад, деревні відходи з будівельних майданчиків та місць знесення.

Чорний щебінь не згадується, оскільки він не включений до Європейського каталогу відходів і не потребує виключення, оскільки є частиною виробничого процесу.

4.2 Мінімізація утворення відходів

Згідно з МКЗР, установки повинні експлуатуватися таким чином, щоб відповідати шести основним цілям:

- Застосування найкращих доступних технологій (НДТ) для запобігання забрудненню.

- Відсутність значного забруднення.

- Мінімізація відходів та утилізація неминучих відходів.

- Ефективне використання енергії.

- Запобігання аварійним викидам.

- Рекультивація території заводу до початкового стану після закриття заводу.

Ефективна програма мінімізації відходів може зменшити витрати, зобов'язання та регуляторний тягар поводження з небезпечними відходами, водночас потенційно підвищуючи ефективність, якість продукції та відносини з громадою. Методи мінімізації відходів, які можуть допомогти зменшити кількість небезпечних відходів, що утворюються, включають

- Планування та послідовність виробництва.

- Налагодження або модифікація процесу/обладнання.

- Заміна сировини.

- Запобігання втратам і ведення господарства.

- Сегрегація та розділення відходів.

- Переробка відходів.

Що стосується ієрархії відходів, то багато паперових фабрик ставлять перед собою завдання використовувати високий рівень вторинного волокна, відновлювати і переробляти волокно відповідно до специфікацій виробництва паперу і, в той же час, зменшувати утворення відходів. Якщо не вдаватися до вибору первинних або низькозабруднених джерел вторинної сировини, то в умовах таких обмежень для підприємств залишаються наступні варіанти:

- Максимізація виходу волокна з вторинної сировини, тим самим зменшуючи втрати сировини у вихідному середовищі.

- Зменшення втрат сировини з теплоносієм шляхом "закриття" млинових систем.

- Інженерний папір, який можна переробляти без утворення відходів під час виробництва.

– Модернізація методів обробки паперу для збільшення обсягів повторного використання шламу.

- Впровадження екологічно чистих методів переробки в пакуванні та поліграфії.

4.3 Утилізація відходів

На сьогоднішній день існує кілька варіантів переробки відходів. Вони включають термічні процеси, такі як спалювання з рекуперацією енергії, піроліз, паровий реформінг, мокре окислення та надкритичне водне окислення; компостування; переробку; рекультивацію земель та покращення ґрунтів; виробництво мінеральних наповнювачів для будівельних матеріалів та цементу; виробництво ізоляційних та вогнетривких матеріалів та інші види використання (напр., наповнювачі для домашніх тварин, бар'єрні матеріали, перетворення на компоненти палива, носії для штучних добрив). Однак, відходи, особливо осади з очисних споруд, потребують подальшої обробки перед утилізацією. Осад з млинів, як правило, потребує певної форми кондиціонування, згущення та зневоднення для зменшення об'єму перед його утилізацією. Зневоднення, яке майже завжди практикується, дозволяє зменшити об'єм осаду. Зневоднення може здійснюватися за допомогою різних процесів, деякі з яких є взаємодоповнюючими: центрифугування, стрічкові фільтри, фільтр-преси та гвинтові преси. Зневоднений або змішаний осад, як правило, сухіший, ніж первинний та біологічний осад. Осад з високим вмістом лігніну легше зневоднюється, ніж інші типи осадів. Як зазначалося вище, вміст сухої речовини в осаді може коливатися від 20% до 60%, залежно від рівня зневоднення.

Очевидно, що кінцеве використання відходів залежить від їх фізико-хімічних та мікробіологічних характеристик. Наприклад, якщо шлам від виробництва паперу використовується як сировина для виробництва цегли, його необхідно зберігати до подальшої переробки. Однак для того, щоб використовувати шлам як сировину для виробництва цегли, необхідно уникати

значного хімічного та мікробіологічного розкладання залишків під час зберігання. Декілька параметрів можуть бути використані як індикатори для моніторингу процесів деградації, зокрема, вміст твердої фази, продуктів згоряння, розподіл волокон за довжиною, водопоглинання, в'язкість, стисливість, хімічний склад, мікробіологічне забруднення та вилуговування різних сполук у воду.

Основні варіанти утилізації відходів описані нижче більш детально, включно з їхніми характеристиками. Основні фактори, які спонукають млин обирати той чи інший варіант утилізації, можуть бути пов'язані з різними чинниками, такими як місцева інфраструктура, витрати, конкуренція з відходами інших галузей промисловості та місцева політика.

4.4 Методи утилізації відходів паперового виробництва

4.4.1 Спалювання

Спалювання залишків (як відходів, так і осаду) у поєднанні з виробництвом електроенергії та пари є одним з найбільш поширених методів утилізації в Європі. Цей метод може бути застосований майже до всіх типів осаду, включаючи вторинний або біологічний осад. Однак, через високий вміст води та золи в більшості осадів, процес спалювання, загальний баланс може бути енергетично дефіцитним. Технологія котлів з киплячим шаром забезпечує успішне термічне окислення відходів з високою зольністю та вологістю, виробляючи технологічну пару та/або електроенергію і водночас зменшуючи залежність заводу від дорогого викопного палива для виробництва пари. Ці системи утилізують не лише шлами від знебарвлення та паперу, а й матеріал, видобутий з існуючих на території підприємства звалищ, щоб зменшити проблеми із забрудненням підземних вод. Спалювання у киплячому шарі швидко стає остаточним рішенням для остаточної утилізації відходів паперової промисловості.

Основним досягненням спалювання є зменшення кількості матеріалу, що підлягає захороненню, приблизно на 80-90%. Для остаточного видалення або

використання золи існують різні варіанти залежно від досягнутої якості золи. У деяких випадках зола просто захоронюється на полігонах, в той час як в інших випадках вона використовується в будівельній галузі або в інших сферах застосування з доданою вартістю. Особливу увагу слід приділяти вмісту хлору у відходах через потенційні проблеми корозії та забруднення повітря, які можуть спричинити сполуки, що містять хлор. Технологія промивання золи є ефективним варіантом видалення або розведення хлору і важких металів, що дозволяє знизити концентрацію хлору до рівнів, нижчих за ті, що вимагаються для сільськогосподарського використання золи.

Спалювання такого роду відходів регулюється в Європі Директивою 2000/76/ЄС про спалювання відходів (Директива про спалювання відходів), яка вимагає, щоб усі заводи підтримували температуру спалювання принаймні 850°C протягом щонайменше 2 с. Якщо спалюються небезпечні відходи з вмістом понад 1% галогенованих органічних речовин, виражених у вигляді хлору, температура повинна бути підвищена до 1100 °C протягом щонайменше 2 с.

Набір значень для обмеження викидів у повітря сміттєспалювального заводу стосується важких металів, діоксинів і фуранів, оксиду вуглецю (CO), пилу, оксиду вуглецю (CO), оксиду вуглецю (CO), пилу, загального органічного вуглецю (TOC), хлористого водню (HCl), фтористого водню (HF), діоксиду сірки (SO₂), оксиду азоту (NO) та діоксиду азоту (NO₂). Наприклад, граничне значення викидів для загальної концентрації діоксинів і фуранів становить 0,1 нг/м³, а для CO – 50 мг/м³ як середньодобове значення.

4.4.2 Піроліз

У процесі піролізу, який також називають деструктивною дистиляцією, органічні відходи нагрівають за відсутності кисню для отримання суміші газоподібного та рідкого палива з твердим інертним залишком (переважно вуглецем).

Ця технологія полягає в розщепленні органічних речовин при температурі від 400 до 800 °C за допомогою непрямого нагріву в анаеробній атмосфері,

забезпечуючи при цьому уловлювання летких речовин. Шляхом подачі непрямого тепла в гіпербаричну реторту, що обертається, осад розщеплюється і фракціонується на гази, смоли і важкі/легкі олії. Для оптимізації процесу утворення вугілля необхідний тривалий час експозиції. Під час розкладання в реторту не допускається доступ кисню, отже, не може відбуватися "горіння". Ця технологія є альтернативою спалюванню та захороненню осаду стічних вод паперових фабрик, хоча для отримання придатного для використання паливного продукту вона, як правило, вимагає наявності певного потоку відходів, таких як шини або пластмаси.

Ця технологія була розроблена для відходів з високим вмістом вуглецю, таких як деревні, нафтові та пластикові відходи, але вона ще недостатньо відпрацьована для застосування для паперового шламу. Проте, різні європейські дослідницькі центри проводять деякі дослідження, спрямовані на адаптацію цієї технології до осаду паперової промисловості.

4.4.3 Паровий реформінг

Паровий реформінг базується на інноваційній технології імпульсного спалювання, що здійснюється в реакторі парового реформінгу. Імпульсне спалювання – це явище індукованих горінням коливань, які включені в конструкцію для досягнення високого тепловиділення та більш повного згоряння. Ця технологія забезпечує не тільки підвищену тепловіддачу, але й низький рівень викидів оксидів азоту (NO_x). Крім того, робота парового реформінгу при нижчій температурі (500-600 °C) мінімізує випаровування токсичних металів, які залишаються у вугіллі.

Ця технологія в даний час використовується для обробки осаду швейного виробництва і все ще вважається новою технологією для обробки осаду паперової промисловості.

4.4.4 Мокре окислення

Мокре окислення можна визначити як процес, за допомогою якого органічні забруднення в рідкій або твердій формі екстрагуються у воду, де вони

контактують з окислювачем в умовах, що сприяють їх швидкому руйнуванню. Процес відбувається у водній фазі при температурі 150-330 °С і тиску 1-22 МПа з використанням чистого або атмосферного кисню. Оскільки застосовується процес прямого хімічного окислення, цей процес не схильний до проблем, пов'язаних з токсичністю, які можуть виникати при біологічному очищенні. Окислення відбувається у водному середовищі, де вода забезпечує середовище для реакції розчиненого кисню з органікою та іншими компонентами, що окислюються. Вода є невід'ємною частиною процесу, діючи як каталізатор і реагент гідролізу. Кисневі та водні радикали атакують органічні сполуки, утворюючи органічні радикали. Такі вільні радикали є ймовірним ключовим фактором у хімії мокрого окиснення. Каталізатори, такі як гомогенні мідь і залізо, їхні гетерогенні аналоги або дорогоцінні метали, можуть бути використані для прискорення реакції.

Хімія мокрого окиснення характеризується утворенням карбонових кислот, а також первинних кінцевих продуктів: CO₂ і води. Ці кислоти, в основному оцтова, мурашина і щавлева, біологічно розкладаються і, як правило, можуть бути видалені за допомогою економічно ефективною традиційною біологічною доочистки.

Газ, що виділяється в результаті мокрого окислення, містить сліди NO_x, SO_x і тверді частинки. Залежно від складу вихідної сировини, леткі органічні сполуки, такі як альдегіди, кетони та спирти, можуть бути присутніми в газі, але їх можна видалити шляхом термічного окислення. У загальному процесі мокрого окислення відходи подаються через насос високого тиску. Навколишнє повітря або чистий кисень забезпечує необхідну кількість кисню.

В результаті процесу мокрого окислення відходи, розтерті з водою, карбонізуються, що підвищує їхню паливну цінність до еквіваленту вугілля середньої якості. У реакторі попередньо нагріта суспензія окислюється під тиском, утворюючи пару високого тиску, яка може приводити в рух турбіни для вироблення енергії. Відходи не забруднюють повітря, оскільки згоряють без полум'я і диму.

Ця технологія також вважається новою технологією переробки

паперового шламу в Європі, але вона є цікавою, оскільки порівняно зі спалюванням, на неї легше отримати відповідні дозволи на експлуатацію, на неї менше впливає високий вміст вологи, а ефективність руйнування менш чутлива до змін у властивостях палива, що використовується у потоці відходів. Порівняно з біологічними системами, ця технологія є компактною і може обробляти небезпечні відходи та біологічно токсичні матеріали у високих концентраціях, досягаючи високого рівня деструкції. Деякі тематичні дослідження показали скорочення витрат на обробку до 50% порівняно з існуючими варіантами обробки.

4.4.5 Надкритичне окислення води

Надкритичне окислення води (SCWO) є інноваційним та ефективним методом деструкції органічних відходів та осаду. При нагріванні понад критичну температуру 374 °C (400-600 °C) і стисненні понад критичний тиск 221 бар (250 бар) вода набуває нового набору хімічних властивостей. У цьому надкритичному діапазоні температур і тиску вода може бути використана для рекультивациі, відомої як SCWO. Він використовує здатність надкритичної води розчиняти як кисень, так і неполярні органічні сполуки, дозволяючи таким чином окислювати органічні відходи до вуглекислого газу і води. Такі сполуки, як солі і наповнювачі, випадають в осад з надкритичної води і доступні для відновлення і повторного використання.

Система SCWO може обробляти водні потоки, що містять органічні матеріали у відносно низьких концентраціях, і забезпечує контроль над викидами та підключення до систем рекуперації енергії. Для досягнення економічної ефективності процесу, вміст сухої речовини в осаді повинен бути максимальним (більше 20% сухої речовини). Також важливо забезпечити постійну подачу осаду без великих часток до насосу високого тиску.

4.4.6 Газифікація

Газифікація не є новою технологією, хоча її застосування у целюлозно-паперовій промисловості знаходиться на початковій стадії розвитку з

обмеженою кількістю комерційних установок.

Газифікація – це термічний процес, під час якого горючий матеріал перетворюється на горючий газ та інертний залишок за допомогою повітря або кисню. Він давно використовується для виробництва газу з вугілля. Цей процес відбувається при високій температурі: від 900 до 1100 °C з повітрям або від 1000 до 1400 °C з киснем. Газифікація за допомогою кисню, який частіше утворюється, генерує газ, що містить 55-60% N₂, з теплотворною здатністю 4-7 МДж/нм³.

Процес газифікації дозволяє значно зменшити об'єм димових газів, оскільки в реакції беруть участь внутрішньо утворений вуглекислий газ і вода, а небажаного N₂ можна уникнути шляхом подачі чистого кисню. Піроліз також можна розглядати як процес газифікації, але за відсутності кисню. Обидва процеси також можна проводити разом: газифікацію можна застосувати до твердого залишку піролізу. Це новий метод для осаду, і тому він не дуже добре задокументований. Матеріалом для процесу може бути як зброджений, так і неперетравлений механічно зневоднений осад.

Відмінності в хімічних процесах піролізу та газифікації були визначені представниками біомаси як відмінності в робочій температурі та контролі окислення за допомогою повітря. Загалом, піроліз може вимагати тривалого часу витримки для досягнення оптимальної якості вугілля. Оскільки використання реакцій термічного окислення може мати стадії або зони для оптимального протікання реакцій піролізу і газифікації, в рамках дослідження було визначено класифікацію технологій на основі селективного кінцевого продукту, так що технології газифікації оптимізують виробництво вироблених газів, а технології піролізу оптимізують виробництво деревної золи, а також важких і легких нафтопродуктів. Дуже важко оцінити витрати на різні термічні технології, оскільки витрати на переробку залежать від складу відходів, їх концентрації, необхідного рівня деструкції, обсягів, що потребують переробки, тощо. Через значні відмінності, які може мати зміна цих змінних, порівняння витрат є доречним лише у чітко визначеному випадку або на відносній основі. Як відомо, основною проблемою термічних процесів є надмірні витрати енергії

для досягнення високих температур, потреба у великому обладнанні для очищення повітря і, як наслідок, високі витрати на його підготовлення повітря і, отже, високі капітальні витрати.

4.4.7 Утилізація у цементній та цегляній промисловості або виробництві інших будівельних матеріалів

У цементній промисловості можна відновити як матеріальну, так і енергетичну цінність паперових залишків. Для використання в цементній промисловості особливо придатний осад з первинних очисних споруд (або змішаний з осадом біологічного очищення) Однак його придатність залежить від кількості та типу неорганічних сполук, присутніх у залишку. Осад (вологість близько 50%) висушується відпрацьованим теплом попередньої сушарки цементної печі таким чином, що для зниження вологості осаду до 10-15% не потрібна додаткова теплова енергія. Таким чином, при спалюванні висушеного осаду в цементній обертовій печі використовується теплота згоряння органічних речовин з високим вмістом вуглецю, а зола, що утворюється при спалюванні осаду, залишається в продукті. Неорганічна речовина золи спалюваного осаду також входить до складу цементного клінкеру. Цей варіант утилізації осаду є життєздатним, коли паперова фабрика і виробництво цементного клінкеру (або цегли) знаходяться по сусідству, і остання має можливість використовувати осад у своєму технологічному процесі.

У випадку виробництва цегли додавання 5-15% паперового осаду як сировини покращує як кінцевий продукт, так і технологічний процес. По-перше, оскільки вміст волокон збільшує пористість матриці, це дозволяє виробляти легшу цеглу; по-друге, це економить паливо в печі, скорочує час випалу і робить продукт більш стійким до розтріскування під час сушіння до розтріскування на етапах сушіння та варіння.

4.4.8 Компостування

Процес компостування означає, що відходи або шлам залишають до тих пір, поки більша частина паперових волокон і органічних речовин не стабілізується (запах/хімічно) за допомогою мікроорганізмів з мінімальними втратами вуглецю. Іноді до відходів або шламу додають добрива, щоб збільшити вміст поживних речовин. В результаті виходить гумусоподібний матеріал, який можна використовувати для кімнатних рослин і теплиць. Це один з найдешевших методів утилізації. За винятком великих земельних площ, необхідних для розкидання осаду, додаткові витрати на компостування незначні.

Комерційні компости повинні відповідати ряду технічних вимог, таких як зрілість або придатність для росту рослин. Компости, виготовлені з органічних відходів, змішаних з різною кількістю макулатури та компости, виготовлені з органічних відходів, змішаних з різною кількістю макулатури та паперових відходів, відповідають цим вимогам. Крім того, на деякі параметри компосту, такі як вміст солі та органічних речовин, а також викиди фільтрату в процесі компостування, позитивно впливає додавання паперових відходів до компостної матриці. Концентрацію шкідливих речовин, особливо важких металів, слід розглядати як обмежувальний фактор.

4.4.9 Внесення в ґрунт

Завдяки вмісту CaCO_3 внесення осаду в ґрунт протягом багатьох років було одним з найкращих методів утилізації відходів знежирення у Великій Британії та Північній Європі, де ґрунти переважно кислі. Перед внесенням у ґрунт відходи піддаються зневодненню та/або спалюванню з метою зменшення їх об'єму. Саме внесення в ґрунт складається з транспортування осаду або відходів у вигляді брикетів з заводу на поля, а потім або розкидання їх на землі тонким шаром, або заорювання в ґрунт двічі на рік між зборами врожаю.

Доцільність розкидання осаду на землі сильно залежить від того, чи дозволено в державах-членах ЄС вносити осад на сільськогосподарські угіддя. Одним з важливих аспектів є те, що осад повинен містити азот для такого

застосування, чого, як правило, немає в целюлозно-паперових осадах, і його необхідно вносити в надлишку. Іншими проблемами є можливе забруднення ґрунтів низькими концентраціями важких металів та органічних мікробруднювачів. Однак шлам паперових фабрик зазвичай не містить більше забруднюючих речовин, ніж мул міських очисних споруд, і його контрольоване застосування може мати певний позитивний вплив на ґрунт (CaCO_3 , як нейтралізатор кислих ґрунтів, утримання вологи волокнами і дрібними фракціями на сухих ґрунтах, низький вміст азоту). Можливі переваги залежать від типу ґрунту. Періоди внесення добрива обмежені кількома місяцями на рік. Тому необхідно будувати достатні потужності для зберігання осаду. Використання твердих відходів як основних компонентів для засипання полігонів, шахтних відвалів, гідравлічних бар'єрів і т.д. регулюється менш суворо, ніж використання землі, оскільки земля не буде використовуватися для вирощування сільськогосподарських культур.

Завдяки геотехнічним властивостям відходів, паперовий шлам дуже схожий на ущільнену глину, що використовується як ущільнювальний шар, і, отже, також може бути використаний як покривний матеріал на полігонах ТПВ. У разі використання в якості покривного матеріалу необхідно переконатися, що ці відходи не розкладаються хімічно та/або мікробіологічно внаслідок вилуговування.

4.4.10 Анаеробне розкладання

Історично, у випадку з твердими відходами, ця практика асоціюється з обробкою гною тварин та осаду з аеробних очисних споруд. В даний час анаеробне зброджування застосовується для переробки різних видів органічних твердих відходів, наприклад, муніципальних відходів, сільськогосподарських відходів і різних промислових відходів.

За визначенням, анаеробне зброджування вимагає, щоб відходи/стічні води містили значну кількість органічних речовин, щоб вони могли бути перетворені (за відсутності кисню) на біогаз (метан і CO_2) і гумус (органічне добриво) з осаду, що утворюється в результаті зброджування. Однак нещодавні

високошвидкісні конфігурації реакторів і складний контроль процесу дозволили анаеробному зброджуванню увійти в сфери застосування, в яких раніше домінували аеробні системи, наприклад, очищення промислових стоків з низьким рівнем ХСК. Загалом, серед біологічних методів очищення анаеробне зброджування часто є найбільш економічно ефективним завдяки високому рівню рекуперації енергії, пов'язаному з цим процесом, та його обмеженому впливу на навколишнє середовище.

Анаеробне зброджування зазвичай здійснюється за мезофільних температур, 35 ± 5 °С. За цих умов приблизно половина органічної речовини піддається анаеробному біологічному розкладанню, що призводить до утворення біогазу. Для збільшення швидкості утворення газу та знищення патогенних мікроорганізмів і/або покращення процесу зброджування осаду можна застосувати декілька модифікацій процесу зброджування, таких як робота в термофільному діапазоні температур, розділення процесу на дві стадії або попередня обробка осаду з метою скорочення часу утримання, необхідного для його деградації.

Промислові відходи використовуються як додаткова сировина на додаток до основних сільськогосподарських відходів, що "переробляються". Наприклад, паперовий шлам може бути використаний як добавка до анаеробного зброджування сільськогосподарських відходів. Газ метан може бути використаний для задоволення потреб в електроенергії та технологічному теплі на місці, а дигестат може бути використаний як поліпшувач ґрунту. Однак визнано, що витрати на транспортування залишків (гною) до переробних заводів можуть мати вирішальне значення для успіху однієї схеми і невдачі іншої.

4.4.11 Інші методи

Інші варіанти, описані в літературі:

- Котячий послід: Висушений осад можна використовувати як котячу підстилку. Цей варіант не видається дуже перспективним з точки зору витрат і обсягів.

- Абсорбенти: Висушений осад можна використовувати як абсорбент, наприклад, для розкидання на розливи нафти. Обмеження такого використання такі ж, як і у виробництві котячих туалетів.

- Носій пестицидів/добрив: Активний мул висушується, і активні інгредієнти поглинаються. Після розкладання та розкладання активні інгредієнти вивільняються. Це забезпечує повільне і більш контрольоване внесення пестицидів/добрив у ґрунт. Забруднення, пов'язане з осадом, буде постійною загрозою для такого способу утилізації.

- Перетворення на компоненти палива: Було встановлено, що левулінову кислоту можна економічно виробляти з паперового шламу і перетворювати на альтернативний компонент палива під назвою метилтетрагідрофуран, який можна використовувати з етанолом і рідким природним газом для створення більш чистого палива, що горить.

- Біоконверсія целюлозної фракції осаду в етанол: Целюлозна фракція гідролізується ферментами з утворенням глюкози і, згодом, глюкоза перетворюється на етанол шляхом ферментації. Загалом, крафтовий та сульфітний осад краще піддаються переробці на етанол, ніж осад з термомеханічних млинів. Осад деінде не підходить для біоконверсії через низький вміст целюлозних волокон, що пов'язано з високою ефективністю процесу виробництва паперу, досягнутою на сьогоднішній день.

Європейська паперова промисловість щорічно виробляє близько 11 мільйонів тонн відходів, 70% з яких походить від виробництва макулатури. Ці відходи дуже різноманітні за складом і складаються з браку, різних видів шламів та, у випадку спалювання на місці, попелу. Виробництво целюлози та паперу з первинної целюлози утворює менше відходів, і ці відходи мають такі ж властивості, як і відходи знебарвлення, хоча і з меншим вмістом неорганічних речовин. У Європейському Союзі кілька вже виданих і запланованих директив мають великий вплив на стратегію поводження з відходами на підприємствах з виробництва паперу. Законодавство обмежує можливість захоронення відходів на полігонах, хоча й не відмовляється від звалищ на території підприємств. Через велику кількість відходів, що утворюються, високий вміст вологи у

відходах і мінливий склад деякі методи утилізації, наприклад, перетворення на паливні компоненти, є занадто дорогими, а їхній вплив на навколишнє середовище невизначеним. Термічні процеси, газифікація і піроліз, здаються цікавими новими варіантами, хоча все ще існує потреба в удосконаленні технологій застосування осаду. Інші застосування, такі як гідроліз для отримання етанолу, мають ряд переваг (використання вологого осаду і застосування кабельних технологій до осаду), але вони недостатньо розвинені для целюлозно-паперових шламів. Тому на даний момент мінімізація утворення відходів все ще має найвищий пріоритет.

5 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

5.1 Особливості нарахування і сплати екологічного податку за розміщення відходів

Платниками екологічного податку за розміщення відходів є суб'єкти господарювання, юридичні особи, що не провадять господарську (підприємницьку) діяльність, бюджетні установи, громадські та інші підприємства, установи та організації, постійні представництва нерезидентів, включаючи тих, які виконують агентські (представницькі) функції стосовно таких нерезидентів або їх засновників, під час провадження діяльності яких на території України і в межах її континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони здійснюються:

- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення;
- скиди забруднюючих речовин безпосередньо у водні об'єкти;
- розміщення відходів (крім розміщення окремих видів (класів) відходів як вторинної сировини, що розміщуються на власних територіях (об'єктах) суб'єктів господарювання);
- утворення радіоактивних відходів (включаючи вже накопичені);
- тимчасове зберігання радіоактивних відходів їх виробниками понад установлені особливими умовами ліцензії строк.

Не є платниками податку за розміщення відходів (включаючи вже накопичені) суб'єкти діяльності у сфері використання паперового виробництва, які:

- до останнього календарного дня (включно) звітного кварталу, у якому уклали договір щодо повернення відпрацьованого паперу за межі України до підприємства – виробника такого джерела;
- здійснюють поводження з паперовими відходами, що утворилися внаслідок викиду паперу, в частині діяльності, пов'язаної з такими відходами.

Не є платниками податку, що справляється розміщення відходів (включаючи вже накопичені) та/або тимчасове зберігання відходів паперового виробництва їх виробниками понад установлений особливими умовами ліцензії строк, державні спеціалізовані підприємства з поводження з паперовими відходами, основною діяльністю яких є зберігання, переробка та утилізація тих паперових відходів, що знаходяться у власності держави, а також паперово-забруднених місць.

Не є платниками податку за розміщення відходів суб'єкти господарювання, які розміщують на власних територіях (об'єктах) виключно відходи як вторинну сировину.

Об'єктом та базою оподаткування є:

- обсяги та види паперових речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами;
- обсяги та види забруднюючих речовин, які скидаються безпосередньо у водні об'єкти;
- обсяги та види (класи) розміщених відходів, крім обсягів та видів (класів) відходів як вторинної сировини, що розміщуються на власних територіях (об'єктах) суб'єктів господарювання;
- обсяги та категорія паперових відходів, що утворюються внаслідок діяльності суб'єктів господарювання та/або тимчасово зберігаються їх виробниками понад установлений особливими умовами ліцензії строк;

Ставки податку за розміщення відходів, які встановлюються залежно від класу небезпеки та рівня небезпечності відходів наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Ставки податку за розміщення відходів, які встановлюються залежно від класу безпеки та рівня небезпечності відходів

| Клас безпеки відходів | Рівень небезпечності відходів | Ставка податку, гривень за 1 тону |
|-----------------------|--|-----------------------------------|
| I | надзвичайно небезпечні | 1546,22 |
| II | високонебезпечні | 56,32 |
| III | помірно небезпечні | 14,12 |
| IV | малонебезпечні | 5,50 |
| | малонебезпечні нетоксичні відходи гірничої промисловості | 0,54 |

За розміщення відходів, на які не встановлено клас безпеки, застосовується ставка податку, встановлена за розміщення відходів I класу безпеки.

За розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів, ставки податку збільшуються у 3 рази.

В таблиці 5.2 відображено коефіцієнт до ставок податку, який встановлюється залежно від місця (зони) розміщення відходів у навколишньому природному середовищі.

Таблиця 5.2 – Коефіцієнт до ставок податку, який встановлюється залежно від місця (зони) розміщення відходів у навколишньому природному середовищі

| Місце (зона) розміщення відходів | Коефіцієнт |
|--|------------|
| В межах населеного пункту або на відстані менш як 3 км від таких меж | 3 |
| На відстані від 3 км і більше від меж населеного пункту | 1 |

Ставка податку за утворення відходів виробниками електричної енергії – експлуатуючими організаціями паперового виробництва (фабрики по виробництву паперу та картону), включаючи вже накопичені, становить 0,0133 гривні у розрахунку на 1 кВт-год виробленої електричної енергії.

Коригуючий коефіцієнт, який встановлюється для паперового виробництва (фабрики по виробництву паперу та картону) залежно від кількості відходів (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Коригуючий коефіцієнт, який встановлюється для паперового виробництва (фабрики по виробництву паперу та картону) залежно від кількості відходів

| Категорія відходів | Коефіцієнт |
|--------------------|------------|
| I категорії | 50 |
| II категорії | 2 |

Ставки податку за тимчасове зберігання радіоактивних відходів їх виробниками понад установлений особливими умовами ліцензії строк наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Ставки податку за тимчасове зберігання паперових відходів їх виробниками понад установлений особливими умовами ліцензії строк

| Категорія відходів | Ставка податку за тимчасове зберігання паперових відходів, гривень за 1 куб. метр | Ставка податку за тимчасове зберігання паперових відходів, гривень за 1 куб. сантиметр |
|--------------------|---|--|
| I категорії | 632539,66 | 21084,66 |
| II категорії | 11807,40 | 4216,92 |

Суми податку обчислюються за податковий (звітний) квартал платниками податку.

Суми податку, який справляється за розміщення відходів (Прв), обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів розміщення відходів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою:

$$Prv = \sum_{i=1}^n (Npi \times Mli \times Et \times Ko), \quad (5.1)$$

де Npi – ставки податку в поточному році за тонну i -того виду відходів у гривнях з копійками;

Mli – обсяг відходів i -того виду в тоннах (т);

Et – коригуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів;

Ko – коригуючий коефіцієнт, що дорівнює 3 і застосовується у разі розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів.

Суми податку, який справляється за утворення паперових відходів (включаючи вже накопичені), обчислюються платниками податку – експлуатуючими організаціями (операторів) паперових фабрик, включаючи експлуатуючі організації, самостійно щокварталу на основі показників виробництва паперової продукції, ставки податку, а також пропорційно обсягу та активності паперових відходів, утворених за базовий податковий (звітний) період, і з фактичного об'єму паперових відходів, накопичених до 1 квітня 2009 року, та коригуючого коефіцієнта за формулою:

$$AEC = On \times H + \frac{(rnc \times C1nc \times V1nc + rv \times C1v \times V1v) + 1/32 (rnc \times C2nc \times V2nc + rv \times C2v \times V2v)}{\quad} \quad (5.2)$$

де AEC – сума податку, який справляється за утворення радіоактивних відходів (включаючи вже накопичені) експлуатуючими організаціями (операторами) атомних електростанцій, обчислена за базовий податковий (звітний) період, у гривнях з копійками;

O_p – фактичний обсяг електричної енергії, виробленої за базовий податковий (звітний) період експлуатуючими організаціями (операторами) атомних електростанцій, кВт-год (для дослідницьких реакторів дорівнює 0);

H – ставка податку, який справляється за електричну енергію, вироблену експлуатуючими організаціями (операторами) атомних електростанцій, що переглядається у разі потреби один раз на рік, у гривнях за 1 кВт-год;

$1/32$ – коефіцієнт реструктуризації податку за накопичені до 1 квітня 2009 року радіоактивні відходи (коефіцієнт діє з 1 квітня 2011 року до 1 квітня 2019 року, протягом іншого періоду дорівнює 0);

r_v – коригуючий коефіцієнт для високоактивних відходів;

r_{nc} – коригуючий коефіцієнт для середньоактивних та низькоактивних відходів;

$C1_{nc}$ – собівартість зберігання 1 куб. метра (1 куб. сантиметра радіоактивних відходів, представлених у вигляді джерел іонізуючого випромінювання) низькоактивних і середньоактивних радіоактивних відходів, утворених їх виробниками за базовий податковий (звітний) період, у гривнях з копійками;

$C1_v$ – собівартість зберігання 1 куб. метра (1 куб. сантиметра радіоактивних відходів, представлених у вигляді джерел іонізуючого випромінювання) високоактивних радіоактивних відходів, утворених їх виробниками за базовий податковий (звітний) період, у гривнях з копійками;

$C2_{nc}$ – собівартість зберігання 1 куб. метра (1 куб. сантиметра радіоактивних відходів, представлених у вигляді джерел іонізуючого випромінювання) низькоактивних і середньоактивних радіоактивних відходів, накопичених їх виробниками до 1 квітня 2009 року, у гривнях з копійками;

$C2_v$ – собівартість зберігання 1 куб. метра (1 куб. сантиметра радіоактивних відходів, представлених у вигляді джерел іонізуючого випромінювання) високоактивних радіоактивних відходів, накопичених їх виробниками до 1 квітня 2009 року, у гривнях з копійками;

$V1_{nc}$ – фактичний об'єм низькоактивних і середньоактивних радіоактивних відходів, прийнятих до сховища експлуатуючих організацій (операторів) атомних електростанцій за базовий податковий (звітний) період, куб. метрів

(куб. сантиметрів – для радіоактивних відходів, представлених у вигляді джерел іонізуючого випромінювання);

V1в – фактичний об'єм високоактивних радіоактивних відходів, прийнятих до сховища експлуатуючих організацій (операторів) атомних електростанцій за базовий податковий (звітний) період, куб. метрів (куб. сантиметрів – для радіоактивних відходів, представлених у вигляді джерел іонізуючого випромінювання);

V2нс – фактичний об'єм низькоактивних і середньоактивних радіоактивних відходів, накопичених у сховищах експлуатуючих організацій (операторів) атомних електростанцій до 1 квітня 2009 року, куб. метрів (куб. сантиметрів – для радіоактивних відходів, представлених у вигляді джерел іонізуючого випромінювання);

V2в – фактичний об'єм високоактивних радіоактивних відходів, накопичених у сховищах експлуатуючих організацій (операторів) атомних електростанцій до 1 квітня 2009 року, куб. метрів (куб. сантиметрів – для радіоактивних відходів, представлених у вигляді джерел іонізуючого випромінювання).

Інші платники податку – суб'єкти діяльності у сфері використання паперового виробництва обчислюють суми податку, що справляється за утворення паперових відходів їх виробниками, пропорційно обсягу та активності паперових матеріалів щокварталу, що сплачується у загальному розмірі 10 відсотків вартості (без урахування податку на додану вартість) кожного джерела паперового виробництва, яка визначається з дати придбання (купівлі-продажу) цього джерела. Вартість здавання накопичених до 1 квітня 2009 року паперових відходів для таких суб'єктів визначається за договорами між виробниками паперових відходів і спеціалізованими підприємствами з поводження з паперовими відходами.

Суми податку, який справляється за тимчасове зберігання паперових відходів їх виробниками понад установлений особливими умовами ліцензії строк, обчислюються платниками податку – виробниками паперових відходів самостійно щокварталу на підставі ставок податку, та пропорційно строку зберігання таких відходів понад установлений строк за формулою:

S зберігання = $N \times V \times T$ зберігання,

де S зберігання – сума податку, який справляється за тимчасове зберігання паперових відходів їх виробниками понад установлений особливими умовами ліцензії строк, обчислена за базовий податковий (звітний) період, календарний квартал, у гривнях з копійками;

N – ставка податку, який справляється за тимчасове зберігання паперових відходів їх виробниками понад установлений особливими умовами ліцензії строк;

V – фактичний об'єм паперових відходів, які зберігаються у виробника таких відходів понад установлений особливими умовами ліцензії строк, куб. метрів

T зберігання – кількість повних календарних кварталів, протягом яких паперових відходи зберігаються понад установлений особливими умовами ліцензії строк [1].

5.2 Еколого-економічна ефективність методів утилізації відходів паперового виробництва

Розглянемо переваги та недоліки різних технологій переробки та утилізації твердих побутових відходів, серед яких найпоширенішими є спалювання, ферментація, сортування та комплексна переробка паперу.

Ефективна програма мінімізації відходів може зменшити витрати, зобов'язання та регуляторний тягар поводження з небезпечними відходами, водночас потенційно підвищуючи ефективність, якість продукції та відносини з громадою. Методи мінімізації відходів, які можуть допомогти зменшити кількість небезпечних відходів, що утворюються, включають

- Планування та послідовність виробництва.
- Налагодження або модифікація процесу/обладнання.
- Заміна сировини.
- Запобігання втратам і ведення господарства.
- Сегрегація та розділення відходів.
- Переробка відходів.

Що стосується ієрархії відходів, то багато паперових фабрик ставлять перед собою завдання використовувати високий рівень вторинного волокна, відновлювати і переробляти волокно відповідно до специфікацій виробництва паперу і, в той же час, зменшувати утворення відходів

Слід також зазначити про те, що застарілі технології переробки паперу, що застосовуються в Україні, призводять до комплексного забруднення довкілля.

На сьогоднішній день існує кілька варіантів переробки відходів. Вони включають термічні процеси, такі як спалювання з рекуперацією енергії, піроліз, паровий реформінг, мокре окислення та надкритичне водне окислення; компостування; переробку; рекультивацію земель та покращення ґрунтів; виробництво мінеральних наповнювачів для будівельних матеріалів та цементу; виробництво ізоляційних та вогнетривких матеріалів та інші види використання (напр., наповнювачі для домашніх тварин, бар'єрні матеріали, перетворення на компоненти палива, носії для штучних добрив). Однак, відходи, особливо осади з очисних споруд, потребують подальшої обробки перед утилізацією. Осад з млинів, як правило, потребує певної форми кондиціонування, згущення та зневоднення для зменшення об'єму перед його утилізацією. Зневоднення, яке майже завжди практикується, дозволяє зменшити об'єм осаду. Зневоднення може здійснюватися за допомогою різних процесів, деякі з яких є взаємодоповнюючими: центрифугування, стрічкові фільтри, фільтр-преси та гвинтові преси. Зневоднений або змішаний осад, як правило, сухіший, ніж первинний та біологічний осад. Осад з високим вмістом лігніну легше зневоднюється, ніж інші типи осадів. Як зазначалося вище, вміст сухої речовини в осаді може коливатися від 20% до 60%, залежно від рівня зневоднення.

Очевидно, що кінцеве використання відходів залежить від їх фізико-хімічних та мікробіологічних характеристик. Наприклад, якщо шлам від виробництва паперу використовується як сировина для виробництва цегли, його необхідно зберігати до подальшої переробки. Однак для того, щоб використовувати шлам як сировину для виробництва цегли, необхідно уникати

значного хімічного та мікробіологічного розкладання залишків під час зберігання. Декілька параметрів можуть бути використані як індикатори для моніторингу процесів деградації, зокрема, вміст твердої фази, продуктів згоряння, розподіл волокон за довжиною, водопоглинання, в'язкість, стисливість, хімічний склад, мікробіологічне забруднення та вилуговування різних сполук у воду.

Основні варіанти утилізації відходів описані нижче більш детально, включно з їхніми характеристиками. Основні фактори, які спонукають млин обирати той чи інший варіант утилізації, можуть бути пов'язані з різними чинниками, такими як місцева інфраструктура, витрати, конкуренція з відходами інших галузей промисловості та місцева політика.

Спалювання залишків (як відходів, так і осаду) у поєднанні з виробництвом електроенергії та пари є одним з найбільш поширених методів утилізації в Європі. Цей метод може бути застосований майже до всіх типів осаду, включаючи вторинний або біологічний осад. Однак, через високий вміст вологи та золи в більшості осадів, процес спалювання, загальний баланс може бути енергетично дефіцитним. Технологія котлів з киплячим шаром забезпечує успішне термічне окислення відходів з високою зольністю та вологістю, виробляючи технологічну пару та/або електроенергію і водночас зменшуючи залежність заводу від дорогого викопного палива для виробництва пари. Ці системи утилізують не лише шлами від знебарвлення та паперу, а й матеріал, видобутий з існуючих на території підприємства звалищ, щоб зменшити проблеми із забрудненням підземних вод. Спалювання у киплячому шарі швидко стає остаточним рішенням для остаточної утилізації відходів паперової промисловості.

Основним досягненням спалювання є зменшення кількості матеріалу, що підлягає захороненню, приблизно на 80-90%. Для остаточного видалення або використання золи існують різні варіанти залежно від досягнутої якості золи. У деяких випадках зола просто захоронюється на полігонах, в той час як в інших випадках вона використовується в будівельній галузі або в інших сферах застосування з доданою вартістю. Особливу увагу слід приділяти вмісту хлору

у відходах через потенційні проблеми корозії та забруднення повітря, які можуть спричинити сполуки, що містять хлор. Технологія промивання золи є ефективним варіантом видалення або розведення хлору і важких металів, що дозволяє знизити концентрацію хлору до рівнів, нижчих за ті, що вимагаються для сільськогосподарського використання золи.

Спалювання такого роду відходів регулюється в Європі Директивою 2000/76/ЄС про спалювання відходів (Директива про спалювання відходів), яка вимагає, щоб усі заводи підтримували температуру спалювання принаймні 850°C протягом щонайменше 2 с. Якщо спалюються небезпечні відходи з вмістом понад 1% галогенованих органічних речовин, виражених у вигляді хлору, температура повинна бути підвищена до 1100 °C протягом щонайменше 2 с.

Набір значень для обмеження викидів у повітря сміттєспалювального заводу стосується важких металів, діоксинів і фуранів, оксиду вуглецю (CO), пилю, оксиду вуглецю (CO), оксиду вуглецю (CO), пилю, загального органічного вуглецю (TOC), хлористого водню (HCl), фтористого водню (HF), діоксиду сірки (SO₂), оксиду азоту (NO) та діоксиду азоту (NO₂). Наприклад, граничне значення викидів для загальної концентрації діоксинів і фуранів становить 0,1 нг/м³, а для CO – 50 мг/м³ як середньодобове значення.

В таблиці 5.5 зазначені показники економічної ефективності різних технологій переробки ТПВ.

В Україні спалюється не більше 5% сміття, а 95% вивозиться необробленим на полігони (звалища), тобто використовується метод складування ТПВ, який в свою чергу не тільки не вирішує проблеми, а ускладнює її, оскільки звалища – це потужні джерела біологічного забруднення та епідеміологічної небезпеки.

Спалювання та ферментація ТПВ – не найкращі способи утилізації, оскільки вони негативно впливають на навколишнє середовище та досить витратні. Більш ефективним способом знешкодження ТПВ є високотемпературне спалювання. Ця технологія відрізняється тим, що є майже повністю безвідходною, утилізує майже всі матеріали переробки; забезпечує

ступінь очищення газів, що відповідає найсуворішим вимогам, виробляє значну кількість тепла, яке може бути використане.

Таблиця 5.5 – Економічна ефективність різних технологій переробки ТПВ

| Показник | Технологія | | | | | |
|--|------------|-------------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| | спалювання | ферментація | сортування | сортування + спалювання | сортування + ферментація | комплексна переробка |
| Капіталовкладення на 1 т ТПВ, грн/т | 11880 | 2840 | 1665 | 12100 | 3300 | 8440 |
| Експлуатаційні витрати на 1 т ТПВ, грн/т | 254,6 | 325 | 100,2 | 487,8 | 302,5 | 445 |
| Неутилізована фракція, що підлягає захороненню, % | 1050 | 1110 | 3240 | 500 | 1777 | 224 |
| Витрати на захоронення неутилізованої фракції, грн/т | 224 | 290 | 1126 | 146 | 592 | 78,6 |
| Капітальні витрати, грн/т | 1008 | 314 | 150 | 1025 | 325 | 822 |
| Загальні витрати, грн/т | 1566,6 | 1102 | 1241,2 | 1780,4 | 1167,3 | 1412,7 |
| Реалізація продукції з 1 т ТПВ, грн/т | 735,3 | 431,2 | 397,4 | 1200,6 | 643,3 | 1023,2 |
| Економічна ефективність технології, грн/т | -724,4 | -567,8 | -810,8 | -550,2 | -554 | -240 |

Проблема утилізації ТПВ є дуже важливою не тільки з екологічної точки зору, більш 60% міських відходів – це потенційна вторинна сировина, яку можна переробити, що може дати суттєвий економічний ефект.

Найбільш перспективним для України є створення сміттепереробних комплексів із сортуванням ТПВ. Цей напрям є екологічно безпечним та економічно доцільним.

Разом з тим, в Україні необхідно створити та розвивати єдину галузь переробки відходів. Невідкладним завданням є створення і забезпечення

загальнодержавної системи поводження з відходами. Видалення або утилізація відходів має відбуватися на основі критеріїв, викладених у Рамковій Директиві ЄС про відходи, і з дотриманням вимог чинного природоохоронного та санітарного законодавства України

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі було проаналізовано утворення та використання відходів паперового виробництва, було охарактеризовано основні волокнисті напівфабрикати, способи їх отримання, фарбування паперу, оздоблення паперу, методи оздоблення. Також було проаналізовано групи поліграфічних матеріалів а також способи отримання целюлози, їхній вплив на властивості паперу.

Проаналізовано технологічний процес виробництва паперу з макулатури, зокрема процеси переробки макулатури, відбілювання та збивання, варіння макулатури тощо.

Проведено аналіз відходів паперового виробництва. Зокрема, визначено обсяги утворення та склад відходів паперового виробництва на прикладі ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат». Визначено, що значну частину сухих речовин скопа (відходи виробництва продукції з макулатури) становить целюлозне волокно. Інші складові скопа – це сполуки, кремнію, алюмінію (каолін), кальцію, заліза, калію, азоту, фосфору. Також скоп містив важкі метали як складові фарб із макулатурної сировини.

Було розроблено рекомендації щодо управління відходами паперового виробництва, основні підходи європейського законодавства про відходи, заходи щодо мінімізації утворення відходів, запропоновані методи утилізації відходів паперового виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Laurijssen J., Marsidi M., Westenbroek A., Worrell E., Faaij A., Paper and biomass for energy? The impact of paper recycling on energy and CO₂ emissions, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 54/issue 12, pp 1208-1218, 2010.
2. Cabalova I., Kacik F., Geffert A., Kacikova D., The Effects of Paper Recycling and its Environmental Impact, In: *Environmental Management in Practice*, Broniewicz E. (Ed.), InTech, Rijeka, Croatia, 2011.
3. Byström S., Lönnstedt L., Paper recycling: environmental and economic impact, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 21/issue 2, pp 109-127, 1997.
4. Fukuzawa H., Watanabe M., Shiraishi F., Shiraishi H., Shiozawa T., Matsushita H., Tera Y., Formation of chlorinated derivatives of bisphenol A in waste paper recycling plants and their estrogenic activities, *Journal of health science*, vol. 48/issue 3, pp 242-249, 2002.
5. Marques S., Alves L., Roseiro J.C., Gírio F.M., Conversion of recycled paper sludge to ethanol by SHF and SSF using *Pichia stipitis*, *Biomass and Bioenergy*, vol. 32/issue 5, pp 400-406, 2008.
6. Monte M.C., Fuente E., Blanco A., Negro C., Waste management from pulp and paper production in the European Union, *Waste Management*, vol. 29/issue 1, pp 293-308, 2009.
7. Rigol A., Latorre A., Lacorte S., Barceló D., Determination of toxic compounds in paper-recycling process waters by gas chromatography-mass spectrometry and liquid chromatography-mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, vol. 963/issue1-2, pp 265-275, 2002.
8. Ishchenko V., Pohrebennyk V., Kozak Y., Kochanek A., Politylo R. Assessment of batteries influence on living organisms by bioindication method, 16th International Multidisciplinary Geoconference SGEM 2016, Bulgaria, SGEM2016 Conference Proceedings, Book 5, vol. II, pp 85-92, 2016.
9. Styskal O., Ishchenko V., Petruk R., Pohrebennyk V., Kochanek A. Assessment of chlorinated water impact on phytoplankton, 16th International Multidisciplinary Geoconference SGEM 2016, SGEM Vienna GREEN Extended

Scientific Sessions, Austria, SGEM2016 Conference Proceedings, Book 3, vol. 3, pp 373-380, 2016.

10. Merrild H.K., Damgaard A., Christensen T.H., Life cycle assessment of waste paper management: The importance of technology data and system boundaries in assessing recycling and incineration, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 52/issue 12, pp 1391-1398, 2008.

11. Villanueva A., Wenzel H., Paper waste – Recycling, incineration or landfilling? A review of existing life cycle assessments, *Waste Management*, vol. 27/issue 8, pp 29-46, 2007.

12. M.A. Hubbe, J.R. Metts, D. Hermosilla, M.A. Blanco, L. Yerushalmi, F. Haghghat, F., P. Lindholm-Lehto, Z. Khodaparast, M. Kamali, A. Elliott, Wastewater treatment and reclamation: A review of pulp and paper industry practices and opportunities, *Boresources*, No. 11, pp. 7953-8091, 2016.

13. I. Deykun, V. Halysh, V. Barbash, Rapeseed straw as an alternative for pulping and papermaking, *Cellulose. Chem. Technol*, No. 52, pp. 833–839, 2018.

14. V. Halysh, I. Trus, A. Nikolaichuk, M. Skiba, I. Radovenchyk, I. Deykun, V. Vorobyova, I. Vasylenko, L. Sirenko, Spent biosorbents as additives in cement production, *J. Ecol. Eng.* No. 21, pp. 128–133, 2020.

15. V. Halysh, I. Trus, M. Gomelya, I. Trembus, B. Pasalskiy, N. Chykun, G. Trokhymenko, I. Remeshevskya, Utilization of modified biosorbents based on walnut shells in the processes of wastewater treatment from heavy metal ion, *J. Ecol. Eng.* No. 21, pp. 131–138, 2020.

16. D. Rassokhin, D. Starokadomsky, A. Ishenko, O. Tkachenko, M. Reshetnyk, L. Kokhtych. Determining the strength and thermal, chemical resistance of the epoxy polymercomposite filled with basalt micronano fiber in the amount of 15–80 % by weight, *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, No. 2, pp. 55-63, 2020.

17. V. Banevičienė, J. Malaiškienė, M. Vaičienė, R. Boris, The Possibilities of Paper Sludge Waste (PSw) Utilization in Cement Materials, *Proceedings*, Vol. 16, No. 1, pp. 34, 2019.

Додаток А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Екологічна оцінка утворення та використання відходів паперового виробництва

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ екології, хімії та технологій захисту довкілля

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 80,0% Схожість 20,0%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недоброчесними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недоброчесних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Матусяк М.В.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи

Автор роботи  Лисенко В.О.

Керівник роботи  Іщенко В.А.

Додаток Б

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА УТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ
ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

Таблиця Б.1 – Склад і характеристика рослинних волокон

| Волокно | Вміст, % | | Довжина волокна, мм | Ширина волокна, мм | Відношення довжини волокна до ширини |
|-----------------------|----------|-----------|---------------------------|--------------------------|---|
| | целюлози | лігніну | | | |
| Бавовна | 84 – 91 | – | 10 – 50 | 0,012 – 0,042 | 1200 – 1500 |
| Бавовняний пух | 80 – 90 | – | 2 – 10 | 0,011 – 0,020 | 400 |
| Льон | 72 – 83 | 1,7 – 3,2 | 30 – 40 | 0,012 – 0,026 | 1200 – 1900 |
| Конопля | 78 | 5,3 | 5 – 55 | 0,016 – 0,050 | 1000 |
| Целюлоза солом'яна | 47 – 49 | 23 – 25 | 0,5 – 2,0 | 0,01 – 0,02 | 76 |
| Целюлоза ялинова | 49 – 58 | 28 – 30 | 2,5 – 4,0 | 0,025 – 0,07 | 68 |
| Целюлоза соснова | 54 – 57 | 26 – 28 | 2,5 – 4,5 | 0,03 – 0,078 | 70 |
| Целюлоза осикова | 50 | 20 – 22 | 0,8 – 1,7 | 0,02 – 0,046 | 36 |

Таблиця Б.2 – Склад і характеристика рослинних волокон

| Матеріал | Щільність, г/см ³ | Показник заломлення | Білизна, % |
|--|---------------------------------|------------------------|------------|
| Каолін (Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O) | 2,5 – 2,7 | 1,56 | до 94 |
| Крейда осаджена (CaCO ₃) | 2,7 | 1,56 | 95 – 98 |
| Сірководисний барій (BaSO ₄) | 4,5 | 1,64 | 98 |
| Діоксид титану (TiO ₂) | 3,9 – 4,2 | 2,62 | 97 – 98 |
| Тальк (3MgO·4SiO ₂ ·H ₂ O) | 1,5 | 1,53 | 97 – 98 |
| Целюлоза білена | | | 85 – 90 |
| Целюлоза небілена | | | 50 – 65 |
| Деревна маса | | | |
| небілена | | | 65 |
| білена | | | 72 – 74 |
| термомеханічна | | | |
| небілена | | | 55 |
| білена | | | 61 – 66 |

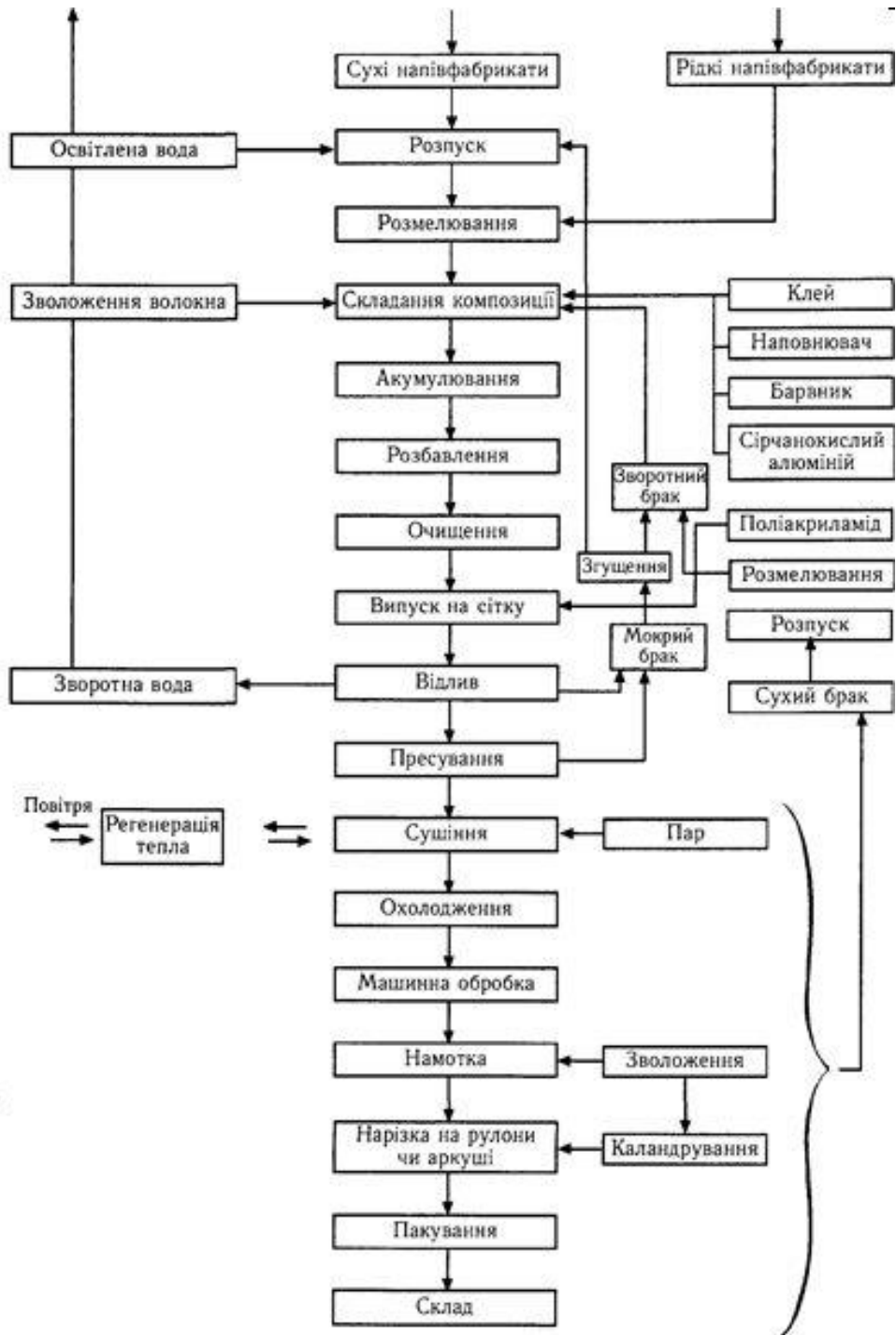


Рисунок Б.1 – Загальна технологічна схема виготовлення паперу і картону

Таблиця Б.3 – Кількість і склад легких відходів

| Показники | Одиниця виміру | Картонне виробництво | Паперове виробництво |
|---|----------------|----------------------|----------------------|
| Середня кількість відходів, вологих / сухих | т/добу | 32/14 | 9/3 |
| Вологість | % | 54-56 | 65-70 |
| Масова частка золи | % | 20-25 | 25-30 |
| Склад відходів: | | | |
| - нерозпущене макулатурне волокно | % | 20-40 | 20-30 |
| - плівка поліетиленова | % | 35-65 | 60-70 |
| - пластмаси | % | 5-7 | 4-5 |
| - дерево | % | 1-3 | 1-2 |
| - фольга | % | 1-2 | 1-2 |
| - метал | % | 1-2 | 1-2 |



Рисунок Б.2 – Скоп з локальних очисних споруд

Таблиця Б.4 – Вміст важких металів у скопі

| Назва хімічного елемента | Вміст хімічного елемента, мг/кг | Фонове значення вмісту хімічного елемента в ґрунті, мг/кг | Орієнтовні ГДК хімічних елементів у ґрунті, мг/кг |
|--------------------------|---------------------------------|---|---|
| Мідь | 12,78 | 20,0 | 55,0 |
| Хром | 1,76 | 200,0 | 200,0 |
| Свинець | 7,14 | 10,0 | 30,0 |
| Цинк | 46,11 | 50,0 | 100,0 |
| Кадмій | 0,1 | 0,5 | 0,5 |