

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно–хімічний факультет
Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

До захисту допущено:

Завідувач
кафедри

_____ Микола ГОМЕЛЯ

« ____ » _____ 2025 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо–професійною програмою «Промислова екологія та
ресурсоефективні чисті технології»
спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
на тему: Технологічний потік з виробництва підпергаменту**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ЛЦ-з11
Полозкова Ксенія Андріївна

Керівник:

к.т.н., доцент
Черьопкіна Романія Іванівна

Консультант із заходів з охорони праці на виробництві

Ст.викл.,к.т.н.,
Ковтун А.І.

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2025 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно–хімічний факультет
Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

Рівень вищої освіти–перший (бакалаврський)

Спеціальність –161 «Хімічні технології та інженерія»

Освітньо–професійна програма «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Микола ГОМЕЛЯ

«___» _____ 2025р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту**

Полозковій Ксенії Андріївній

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Технологічний потік з виробництва підпергаменту

керівник проєкту Черьопкіна Романія Іванівна, к.т.н., доцент

затверджені наказом по університету від 20.05.2025 р. № 1653-с

2. Термін подання студентом проєкту 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту підпергамент марки Б-50Б

4. Зміст пояснювальної записки Описати та обґрунтувати розроблення технологічного потоку, отримани підпергамент з хвойної целюлози, дослідити показники якості, розробити технологічну частину, розрахувати матеріальний баланс, навести теоретичні відомості основних процесів, описати будівельну частину та розробити заходи щодо охорони праці на виробництві.

5. Перелік
(ілюстративного)
зазначенням

графічного
матеріалу

(із

обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) технологічна схема, план цеху, поздовжній розріз, поперечний розріз, зведений матеріальний баланс води і волокна

6. Консультант розділів проєкту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--|---|-------------------|---------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Заходи з охорони праці на виробництві | Ковтун А.І., старший викладач | | |

7. Дата видачі завдання 03 травня 2024 р.

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проєкту | Термін виконання етапів проєкту | Примітка |
|----------|--|------------------------------------|----------|
| 1 | Отримання завдання | 02 травня 2025 р | |
| 2 | Розроблення технологічної схеми | 02.05.2025–23.05.2025 | |
| 3 | Технологічна частина | 23.05.2025–28.05.2025 | |
| 4 | Розрахункова частина | 28.05.2025–01.06.2025 | |
| 5 | Оформлення графічної частини | 01.06.2025–03.06.2025 | |
| 6 | Будівельна частина | 03.06.2025– 05.06.2025 | |
| 7 | Розробка заходів з охорони праці на виробництві | 06.06.2025 10.06.2025р. | |

Студент _____

Ксенія ПОЛОЗКОВА

Керівник _____

Романія ЧЕРЬОПКІНА

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: Технологічний потік з виробництва підпергаменту**

Київ – 2025 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

| № з/п | Формат | Позначення | Найменування | Кількість листів | Примітка |
|-------|--------|--------------------|------------------------------|------------------|----------|
| 1 | A4 | | Завдання на дипломний проєкт | 2 | |
| 2 | A4 | ДП 7101. 00.003 ПЗ | Пояснювальна записка | 49 | |
| 3 | A1 | ДП 7101. 01.003 ТК | Технологічна схема | 1 | |
| 4 | A1 | ДП 7101. 02.003 ТК | План цеху | 1 | |
| 5 | A1 | ДП 7101. 03.003 ТК | Поперечний розріз | 1 | |
| 6 | A1 | ДП 7101. 04.003 ТК | Поздовжній розріз | 1 | |
| | | | Зведений матеріальний баланс | | |
| | | | | | |

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт: 49 стор., 4 табл., 2 рис., 9 першоджерел.

У даному дипломному проєкті розроблено та наведено технологічний потік виробництва підпергаменту з невибіленої хвойної целюлози для пакування вершкового масла марки Б-50Б.

Наведено вимоги до готового продукту та його технічні характеристики. Описано технологічну схему виробництва підпергаменту та запропоновано її удосконалення з метою підвищення ефективності виробничого процесу.

Виконано розрахунок матеріального балансу для волокна та води. Результат наведено у таблиці зведеного матеріального балансу.

Подано теоретичні відомості щодо ключових етапів технологічного процесу виготовлення підпергаменту.

Розроблено об'ємно-планувальне рішення виробничого цеху та визначено охоронно-виробничі норми.

ЦЕЛЮЛОЗА, ВОДАМІН, РОЗМЕЛЮВАННЯ, ДИСКОВІ МЛИНИ, ПРЕСУВАННЯ, ПАПЕРОРОБНА МАШИНА, ПАКУВАННЯ ПІДПЕРГАМЕНТ

ANNOTATION

Diploma project: 49 pages, 4 tables, 2 figures, 9 primary sources.

This thesis project develops and presents the technological flow of production of unbleached coniferous pulp for packaging butter of B-50B brand.

The requirements for the finished product and its technical characteristics are presented. The technological scheme of production of sub-glaze is described and its improvement is proposed in order to increase the efficiency of the production process.

The material balance for fiber and water was calculated. The result is presented in the table of the summary material balance.

Theoretical information on the key stages of the technological process of manufacturing the underglass is presented.

A space-planning solution for the production shop is developed and safety and production standards are determined.

SUBPERGAMENT, CELLULOSE, GRINDING, DISK MILLS, PRESSING, PAPER MACHINE, PACKAGING.

ВСТУП

У сучасному світі налічується приблизно від 20 до 25 основних видів паперу, які використовуються для різних цілей, включаючи друк, письмо, та інші поліграфічні потреби. Серед них виділяються офсетний, газетний, письмовий, крейдований, веленевий папір, а також РІЗНІ ВИДИ картону. Також НИНІ особливо гостро стоять питання безпеки харчових продуктів, екологічності упаковки та продовження терміну зберігання їжі, а натуральні пакувальні матеріали набувають все більшого значення. Одним із таких матеріалів є підпергамент – спеціально оброблений папір, що має жировідштовхувальні властивості та широко застосовується у харчовій промисловості.

Підпергамент, як різновид пергаментного паперу, вирізняється своєю здатністю ефективно захищати продукти від проникнення жиру та вологи, зберігаючи їхні смакові якості, свіжість і зовнішній вигляд. Він використовується як упаковка для кондитерських виробів, масла, ковбас, сиру та інших харчових продуктів, де важливо уникнути просочування жиру або втрати вологи.

На сьогоднішній день у Європі налічується близько сорока підприємств, що спеціалізуються на виробництві підпергаменту. Його виготовлення передбачає просочування паперової основи на папероробній машині спеціальними емульсіями. Компоненти цих емульсій проникають у структуру паперу, заповнюючи пори, що забезпечує необхідні бар'єрні властивості – зокрема жировідштовхувальні та вологозахисні. Підпергамент випускається з ВІбіленої, напівбіленої або неВІбіленої целюлози, при цьому маса 1 м² становить від 30 до 90 г. За своїми характеристиками він дещо поступається пергаменту, що зумовлює його нижчу вартість.

На європейському ринку пергаментного паперу основними виробниками є Німеччина, Великобританія, Франція, Іспанія та Італія. До основних виробників належать такі компанії, як Hamelin, Clairefontaine, Unipapel.

Одними з ключових тенденцій в Західній Європі, що впливають на попит пергаментного паперу є:[2]

- підвищення обізнаності про здоров'я та безпеку, особливо в харчовій та фармацевтичній промисловості, може стимулювати попит на гігієнічні та безпечні пакувальні матеріали, такі як пергамінний папір;
- інформування споживачів про екологічні переваги пергаментного паперу та його придатність до вторинної переробки потенційно може сприяти зростанню споживчих переваг і попиту.

Оскільки підпергамент відіграє важливу роль у повсякденному житті, зокрема як екологічно безпечний пакувальний матеріал з бар'єрними властивостями, зростає потреба в удосконаленні технологій його виробництва. Саме тому метою даного дипломного проєкту є розроблення підпергаментного паперу на основі хвойної целюлози, що дозволить поєднати необхідні фізико-механічні властивості матеріалу з ефективністю та економічністю виробництва.

1. Обґрунтування доцільності розроблення технологічного потоку

Метою даного дипломного проекту є розроблення технологічного потоку для виробництва підпергаменту.

Підпергамент являє собою цупкий, з обмеженою жиропроникністю і високою механічною міцністю матеріал, який використовується для пакування харчових продуктів та виготовлення допоміжних пакувальних засобів. Завдяки зімкненій структурі матеріал характеризується підвищеною стійкістю до проникнення повітря, вологи та окремих видів жирових речовин. Крім того, його використовують для вистилання внутрішньої поверхні ящиків тари при пакуванні молочної, м'ясної, рибної продукції, кондитерських виробів, та інших харчових товарів.

Основною особливістю підпергаменту є висока щільність структури, яка забезпечується розмелюванням волокнистої маси до ступеня млива 75 – 80 °ШР.

Залежно від призначення підпергамент виготовляється масою 1 м² від 30 до 90 г з вибіленої, напіввибіленої або невибіленої целюлози з різним рівнем жиростійкості, повітропроникності і міцності в сухому і вологому стані. У цьому дипломному проекті розглянуто виготовлення 50 г підпергаменту на 1 м² для пакування вершкового масла з невибіленої хвойної целюлози, котра має високу здатність до гідратації і фібрилювання в ході розмелювання.

Для здійснення процесу розмелювання запропоновано використання вісьми здвоєнних млинів. Це зумовлено тим, що хвойна целюлоза належить до волокнистих напівфабрикатів, які характеризуються підвищеною складністю розмелювання.

Згідно вимогам стандарту підпергамент марки Б-50Б, для проклеювання застосовується смола поліамідна марки Водамін-115.

Також використовуються центриклинери задля очищення волокнистої маси з високим ступенем млива, що може здійснюватися у два або три етапи.

Після очищення маса концентрацією 0,5 % надходить на сітку папероробної машини, де встановлено напірний ящик закритого типу, що знижує турбулентність маси через високу швидкість машини. З метою забезпечення рівномірного розподілу волокнистої маси по всій ширині папероробної машини та мінімізації анізотропії готової продукції встановлюється багатотрубний поточкорозподільник з односторонньою подачею маси.

Папероробна машина марки Б-67 розрахована на роботу зі швидкістю за приводом 250 м/хв, продуктивність такої ПРМ становить $\approx 21\,566,5$ т/рік.

2. Характеристика підпергаменту

У якості зразка було взято папір марки Б-50Б для пакування вершкового масла.[1]

Таблиця 2.1 – Показники якості паперу промислових партій для пакування вершкового масла

| Найменування показника | Марка паперу |
|--|--------------|
| | Б-50Б |
| Маса паперу площею 1 м ² , г | 50 |
| Руйнівне зусилля, Н: | |
| сухий папір | |
| у машинному напрямку | 76 |
| у поперечному напрямку | 35,0 |
| вологий папір | |
| у машинному напрямку | 16,0 |
| Жиропроникність, число наскрізних отворів розміром до 0,1 мм на площі 1 м ² | 32 |

| | |
|--|-----|
| Засміченість, число смітинок на площі 1 м ² | |
| площею від 0,2 до 0,5 мм ² | 40 |
| площею від 0,5 до 1,0 мм ² | 0 |
| Число металевих краплень, шт.: | |
| заліза | 7 |
| міді | 0 |
| Абсолютний опір продавлюванню, кПа: | |
| у сухому стані | 380 |
| у вологому стані | 62 |
| Білість, % | 70 |
| Вологість, % | 6,8 |

Б - папір, виготовлений з вибіленої целюлози;

Н - папір, виготовлений з невибіленої целюлози.

Після фасування пачки масла зберігали за температури 5 – 8 °С протягом 15 діб. Для пакування вершкового масла в моноліт використовували папір на основі невибіленої целюлози. Упаковане в папір масло витримують в ящиках за температури 4–5 °С для визначення збереження його якості протягом заданого терміну зберігання.

Смола поліамідна марки Водамін-115

Смола поліамідна, модифікована епіхлоргідрином, марки Водамін-115 - це водний розчин терморективної поліамідної смоли, модифікованої епіхлоргідрином.

Смола марки Водамін-115 (ТУ В 6-00269355.081-2001) призначена для використання у виробництві спеціальних сортів паперу (у тому числі і санітарно-гігієнічного), паперу для покриття, паперу електротехнічного призначення,

фотопідкладок, паперів для пакування продуктів, що містять жири, хлібопекарських пресованих дріжджів, маргарину, цукру рафінаду, картону опорного для фільтрації пива (марки ОК), картону опорного для фільтрації безалкогольних напоїв (марки ТК), картону освітлювального для фільтрації шампанських вин.

Таблиця 2.2 - Показники якості Водамін-115

| Показник | Норма |
|--|---------------------------|
| Зовнішній вигляд | Прозора ясно-жовта рідина |
| Масова частка нелетких речовин (сухого залишку), % | 14,0-16,0 |
| Масова частка азоту (у перерахунку на сухий залишок),% | 12 -16 |
| Динамічна в'язкість, мПа | 6 - 25 |
| Реакція середовища, рН | 3.5 - 5.5 |

3. Технологічна схема та її опис

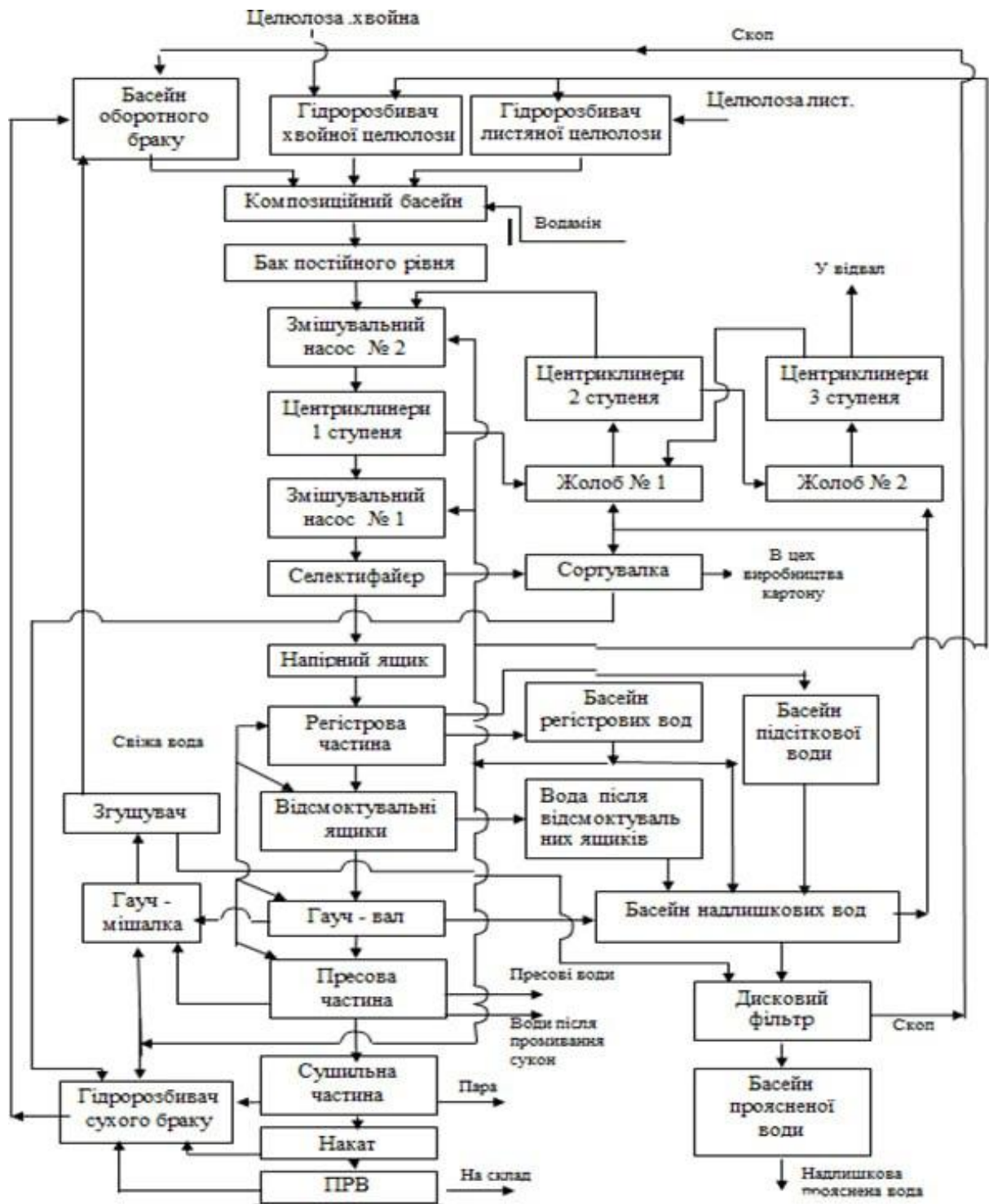


Рисунок 3.1 – Блок-схема виробництва підпергаменту

Технологічний потік для отримання паперу підпергаменту зображений на рисунку 3.2. У потоці передбачено використання невібіленої сульфітної хвойної

целюлози. Підготовка маси відбувається одним потоком, в якості волокнистого напівфабрикату використовується сульфітна хвойна невібілена целюлоза. Целюлоза поступає на підприємство у вигляді кип. Для подачі кип целюлози в гідророзбивач (1) використовують транспортер, який працює безперервно. У гідророзбивач також подається регістрова вода для розволокнення кип целюлози та підтримання концентрації волокна 3,5 %. Після розволокнення целюлози, маса насосом перекачується в басейн (2) для акумулювання де відбувається постійне перемішування для підтримання однорідності маси.

Далі волокна целюлози піддаються розмелюванню в присутності води на дискових млинах (3) до ступеня розмелювання 75 – 85 °ШР. Передбачено встановлення проміжних басейнів після кожних двох дискових млинів, що дозволяє знижувати температуру маси, уникати підвищення тиску маси, полегшувати регулювання процесу розмелювання.

Згідно вимог прийнято розмелювання маси проводити до 78 °ШР, тому необхідно встановити 8 млинів, виходячи із того, що приріст ступеня млива становить 9 °ШР. Целюлоза до розмелювання має ступінь млива 12 °ШР. З метою забезпечення безперебійної роботи млинів та якісного фібрилювання волокна передбачено встановлення 3-х проміжних басейнів (4) після 2-го, 5-того та 7-го дискових млинів. Після досягнення необхідного ступеня млива маса перекачується у композиційний басейн (5), куди також додають Водамін-115 для підвищення вологоміцності паперу та дозується брак у такій кількості, щоб не порушувати концентрацію маси. Далі підготовлена маса насосом подається у машинний басейн (6).

Підготовлену таким чином паперову масу подають в ящик постійного рівня (7), який забезпечує постійний напір маси, усуває її пульсацію, та видаляє з неї повітря. Ящик постійного рівня має приймальне, переливне і відділення постійного рівня, з якого маса надходить у змішувальний насос №2 (8), за концентрації 3,5 % і розбавляється у ньому до концентрації маси 0,7 %.

Масу, перед подачею на папероробну машину, піддають очищенню від металевих включень, а також у вигляді піскоу, глини з використанням центриклинерів.

Розбавлена до 0,7 % маса подається на I ступінь центриклинерів. На кожній стадії центриклинери працюють паралельно. Відходи від першого ступеня розбавляються обіговою водою до концентрації 1 % і направляються на II-й ступінь; очищена маса з другого ступеня направляється на повторне очищення на I-й ступінь; відходи від другого ступеня розбавляються до концентрації 0,4 % і направляються на III-й ступінь очищення. Відходи від третього ступеня відводяться в стік, а очищена маса повертається на II-й ступінь. У центриклинерах очищення маси відбувається під дією відцентрових сил, що виникають у вихрових потоках.

Очищена маса після першого ступеня подається у змішувальний насос №1 і на вузлоуловлювач (селектифайер) (12) для очищення маси від включень у вигляді вузлів, пучків волокон, слизу та ін..

Також в ході проходження маси по системі центриклинерів вона піддається деаерації, за рахунок роботи першого ступеня центриклинерів під розрідженням, що створюється вакуумним насосом (10). Відходи від першого ступеня центриклинерів через жолоб поступають у сепаратор (9), де відбувається відділення повітря, що відсмоктується вакуум-насосом.

Маса поступає у верхню частину вузлоуловлювача через тангенційно розміщений штуцер під тиском. За рахунок відцентрових сил, що утворилися важкі включення відкидаються до зовнішньої сітки корпусу, після чого під дією сили тяжіння опускаються вниз в жолоб важких відходів. Очищена від важких включень маса під дією напору і лопатей ротора, проходячи через отвори сит виходить з апарату. Відходи селектифайера опускаються і видаляються через спеціальний штуцер із засувкою на вібраційну сортувалку (13). Волокно разом з водою, що було відокремлено на сортувалці направляються у збірник реєстрових вод.

Відсортована та очищена маса з концентрацією 0,5 % подається в напірний ящик закритого типу (14), звідки на сітку папероробної машини. Для рівномірного розподілу маси та регулювання процесу зневоднення полотна після грудного вала (15) встановлена грудна дошка (16), гідропланки (18), та відсмоктувальні ящики (19). Паперове полотно після гауч-вала (20) із сухістю 18% за допомогою вакуум-пересмоктувального пристрою подається у пресову частину, яка складається з трьох двовальних пресів (з першого прямого вакуумного пресу(21) і двох прямих гладких пресів(22)). Сухість полотна після пресової частини становить 44%. Далі полотно поступає в сушильну частину (23), для остаточного видалення води з полотна. Вид сушіння – контактний. Гостра пара подається в середину сушильних циліндрів. Сушіння відбувається внаслідок контакту вологого полотна з нагрітою поверхнею сушильного циліндра, та за умови вільного пробігу полотна між циліндрами.

В кінці сушильної частини встановлено два холодильні циліндри з метою врівноваження та підвищення вологості на 1-2%. Після чого полотно із сухістю 93 % поступає на машинний каландр(24) де набуває остаточної гладкості, а далі на накат. Далі подається на поздовжньо-різальний верстат(25) і надходить на пакування(26), після чого – на склад готової продукції.

Перероблення обігового браку

Мокрий брак за концентрації 0,8 % із гауч-мішалки (31) безперервно подається на згущувач (32), а потім в басейн оборотного браку (30). Брак, який утворився в пресовій частині, також поступає в гауч-мішалку. Із басейна оборотного браку (30) брак подається в композиційний басейн (5).

Для розпускання сухого машинного браку, який утворився під час сушіння та оброблення паперу, встановлено гідророзбивач (27). Розпускання здійснюється з використанням реєстрової води із басейну реєстрових вод (33). Далі, розпушена маса поступає на пульсаційний млин (29) для дорозпускання та

поступає в басейн оборотнього браку (30). Із басейна оборотнього браку маса поступає в композиційний басейн (5).

Використання обігової води

Передбачено також використання обігових вод. Регістрові води, які насичені волокном, використовуються в гідророзбивачах хвойної целюлози, для розбавлення маси в змішувальних насосах №1 та №2, а також для розпускання обігового браку. Вода з більш низьким вмістом волокна, тобто це вода від гаучвала, відсмоктувальних ящиків та від промивання сітки, подається в жолоби №1 та №2, батареї центриклинерів. Надлишок цієї води, а також регістрової надходить на прояснення, після чого її можна використати для подачі для розбавлення маси у жолобах після 1-го та 2-го ступеня очищення маси центриклинерів.

Вода після дискового фільтра направляється у басейн прояснених вод, а скоп з концентрацією 3,5 % надходить у басейн оборотнього браку (30), а потім у композиційний басейн (5).

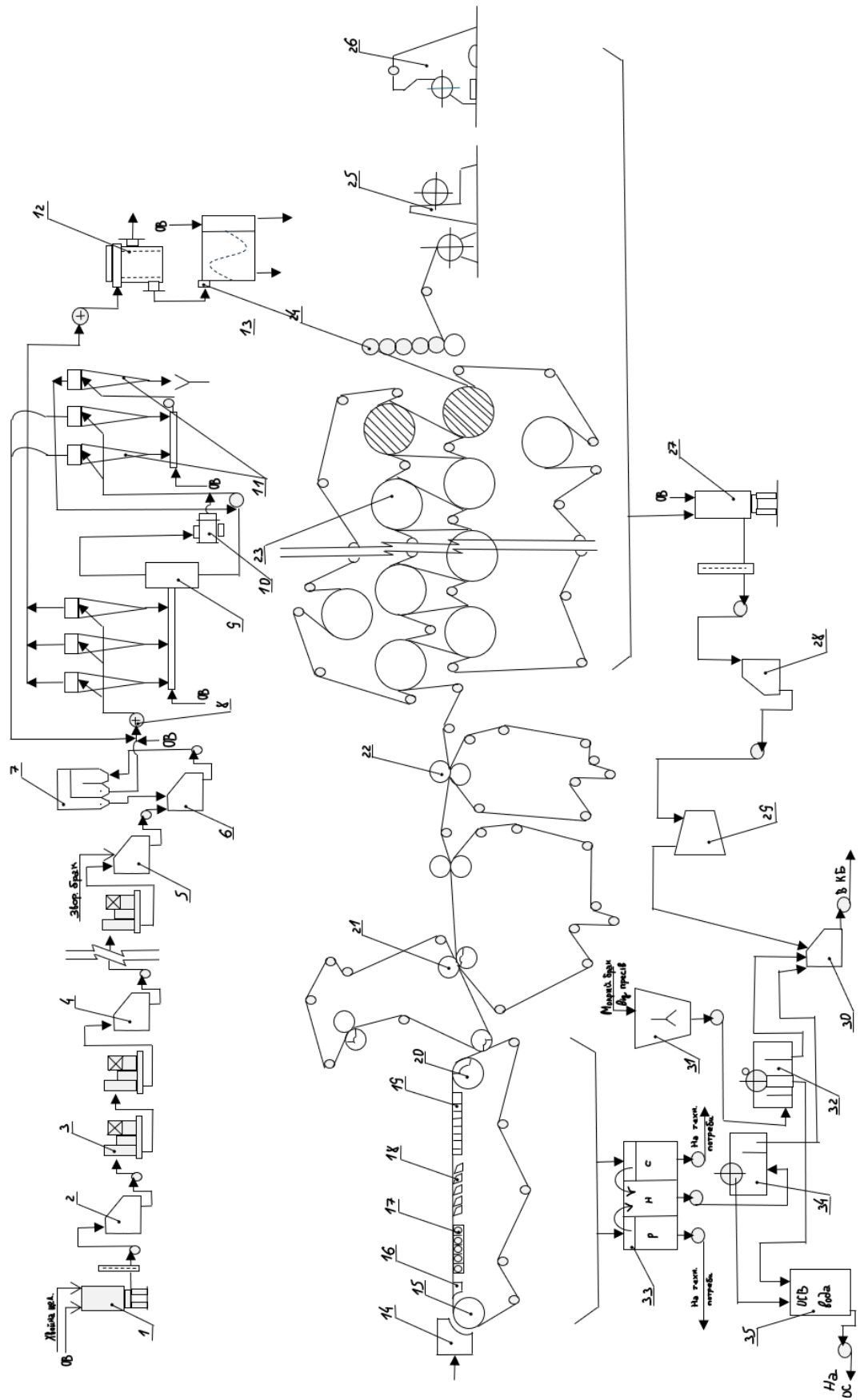


Рисунок 3.2 – Технологічна схема виробництва підпергаменту

4.Матеріальний баланс

Таблиця 1. – Вихідні дані для розрахунку матбалансу

| Найменування статей | Вихідні дані | | |
|---|--------------|-------------|-------------------------|
| | Джерело [1] | Джерело [2] | Приймаємо до розрахунку |
| 1. Масова частка волокна на різних стадіях виробництва,% | | | |
| На накаті | 94,0 | 94,0-96,0 | 93,0 |
| Після пресів | 42,0 | 38,0-42,0 | 44,0 |
| | | | |
| Після відсмоктувальних ящиків | 10,0 | 10,0-12,0 | 13,0 |
| Після реєстрової частини | 2,8 | 2,5-3,8 | 3,5 |
| У напірному ящику | 0,5 | 0,5-0.65 | 0,5 |
| У баці постійного рівня | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |
| У композиційному басейні | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |
| У машинному басейні | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |
| У басейні оборотного браку | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |
| Скоп після дискового фільтра | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |
| Згущувач | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |
| Гідророзбивач сухого браку | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |
| Гідророзбивач хвойної целюлози | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |
| Гідророзбивач листяної целюлози | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |

| | | | |
|--|---------|-------------|-----------|
| Гауч-мішалка | 1,0 | 0,8-1,0 | 0,8 |
| Басейн оборотного браку | 3,2 | 3,2-3,5 | 3,5 |
| Після селективфайєра | 0,5 | 0,5-0,65 | 0,5 |
| Після змішувального насоса №1 | 0,51 | 0,50-0,65 | 0,53(0,5) |
| Після змішувального насоса №2 | 0,65 | 0,70-0,75 | 0,733 |
| Після центриклинєрів 1 ступєня | 0,63 | 0,67-0,71 | 0,7 |
| Після центриклинєрів 2 ступєня | 0,40 | 0,40-0,43 | 0,4 |
| 2. Масова частка волокна у відхідних водах, % | | | |
| Рєєстрова вода | 0,18 | 0,17-0,20 | 0,14 |
| Підсїтковї води | 0,003 | 0,003-0,004 | 0,003 |
| Вїдсмоктувальних ящикїв | 0,10 | 0,10-0,12 | 0,10 |
| Прєсовї води | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Вїд промивання сїтки | 0,005 | 0,003-0,004 | 0,004 |
| Вїд промивання сукон | 0,0012 | 0,001 | 0,001 |
| Прояснєних вод пїсля дискового фїльтра | 0,0015 | 0,001 | 0,001 |
| Вїд плоскї сортувалки | 0,60 | 0,38-0,62 | 0,50 |
| Згущувача | 0,05 | 0,03-0,04 | 0,04 |
| 3. Витрати свїжї та надлишкової води, л/т паперу | | | |
| Свїжа вода на промивання сїток | 10000,0 | 15000,0 | 15000,0 |
| Свїжа вода на спорски і вїдсїчки вїдсмоктувальних ящикїв | 6000,0 | 8500,0 | 8400,0 |

| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| Свіжа вода на промивання сукон | 5000,0 | 7000,0 | 6500,0 |
| Свіжа вода на відсічки на гауч-валі | 2000,0 | 3000,0 | 2500,0 |
| Надлишкова вода на сортувалку | 350,0 | 900,0 | 850,0 |
| 4. Витрати хімікатів, л/т паперу | | | |
| Водамін-115 | | | |

Продовження таблиці 4.1

| Найменування статей | Вихідні дані | | |
|--|--------------|-------------|-------------------------|
| | Джерело [1] | Джерело [2] | Приймаємо до розрахунку |
| 5. Кількість браку, % від маси паперу | | | |
| У процесі оброблення паперу | 2,0 | 1,5 | 2,0 |
| На накаті | 3,0 | 2,5 | 1,0 |
| У процесі сушіння паперу | 2,0 | 2,0 | 1,0 |
| Мокрий брак | 3,0 | 2,0 | 2,0 |
| Після сіткової частини | 2,0 | 1,5 | 1,0 |
| 6. Композиція паперу, % | | | |
| Целюлоза хвойна вибілена | 60,0 | 60,0 | 100,0 |
| | | | |
| 7. Масова доля відходів сортування, % | | | |

| | | | |
|--|--------|---------|-------------------|
| Відходи селективфайера | 0,8 | 0,7-1,0 | 0,7 |
| Центриклинерів 1 ступеня | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| Центриклинерів 2 ступеня | 0,75 | 0,7 | 0,66 |
| Центриклинерів 3 ступеня | 0,60 | 0,72 | 0,60 |
| Відходи плоскої сортувалки | 2,0 | 4,0 | 2,8 |
| 8.Сухість початкових напівфабрикатів % | | | |
| Хвойна целюлоза | 88,0 | 88,0 | 88,0 |
| 9.Масова частка відходів сортування, % (кг/т) | | | |
| Відходи вібраційної сортувалки | 4,5 | 5,0 | 3,0 кг |
| Цетриклинери 3 ступеня | 1,0 кг | 1,5 кг | 1,0 кг |
| Селективфайер | 1,2 % | 1,0 % | 0,99 % (≈60кг) |

Матеріальний баланс волокна і води

Матеріальний баланс волокна і води розраховується згідно блок-схеми та вихідних даних.

На склад поступає 1000 кг паперу із заданою сухістю 93,0%, що містить 930 кг абсолютно-сухого волокна та 70 кг води.

Повздожньо-різальний верстат (ПРВ)

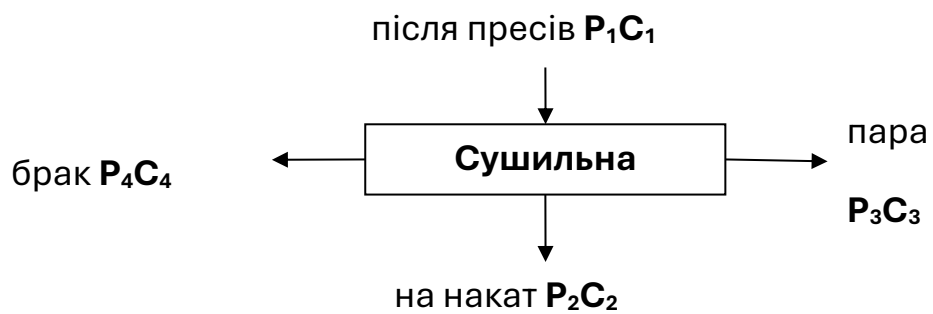
| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|------------------|-------------|-----------------|-------------|----------|
| З накату | 1020,0 0 | 93,00 | 948,60 | 71,40 |
| Надійшло(всього) | 1020,0 0 | | 948,60 | 71,40 |
| На склад | 1000,0 0 | 93,00 | 930,00 | 70,00 |

| | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|---------------|--------------|
| У г/розб.сух.браку | 20,00 | 93,00 | 18,60 | 1,40 |
| Пішло (всього) | 1020,00 | | 948,60 | 71,40 |

Накат

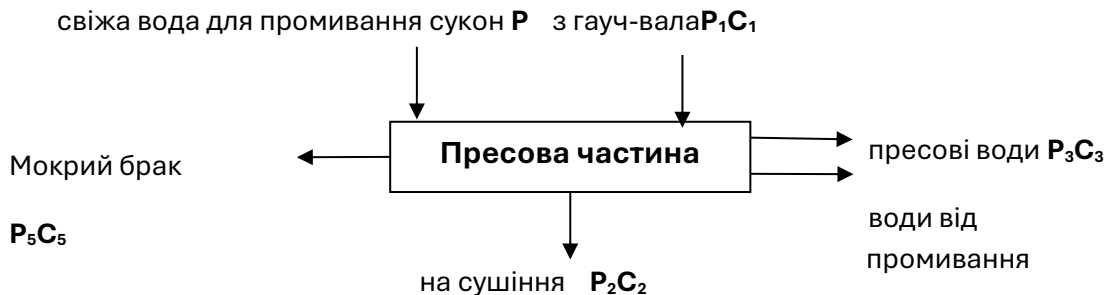
| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|----------------|-----------------|---------------|--------------|
| Після сушіння | 1030,00 | 93,00 | 957,90 | 72,10 |
| Надійшло(всього) | 1030,00 | | 957,90 | 72,10 |
| На ПРС | 1020,00 | 93,00 | 948,60 | 71,40 |
| | | | | |
| У г/розб.сух.браку | 10,00 | 93,00 | 9,30 | 0,70 |
| Пішло (всього) | 1030,00 | | 957,90 | 72,10 |

Сушильна частина



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|
| Після пресів | 2198,18 | 44,00 | 967,20 | 1230,98 |
| Надійшло(всього) | 2198,18 | | 967,20 | 1230,98 |
| На накат | 1030,00 | 93,00 | 957,90 | 72,10 |
| Втрати пари | 1158,18 | 0,00 | 0,00 | 1158,18 |
| У г/розб.сух.браку | 10,00 | 93,00 | 9,30 | 0,70 |
| Пішло (всього) | 2198,18 | | 967,20 | 1230,98 |

Пресова частина

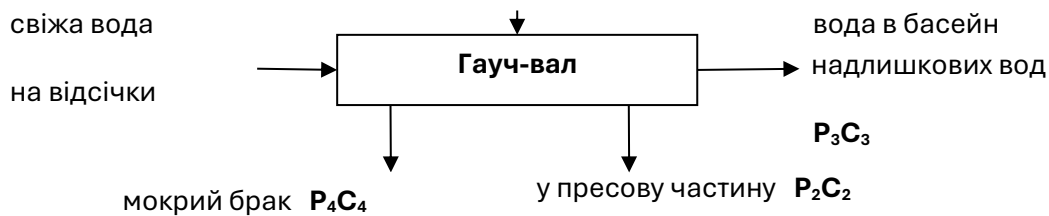


| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Після гауч-вала | 5152,63 | 19,00 | 979,00 | 4173,63 |
| Св.вода на пр.сукон | 6500,00 | 0,00 | 0,00 | 6500,00 |
| Надійшло(всього) | 11652,63 | | 979,00 | 10673,63 |
| На сушіння | 2198,18 | 44,00 | 967,20 | 1230,98 |

| | | | | |
|-----------------------|-----------------|--------|---------------|-----------------|
| Пресові води | 2934,45 | 0,1000 | 2,93 | 2931,51 |
| Води в/пром.сукон | 6500,00 | 0,0010 | 0,07 | 6499,94 |
| У г/зміш.мокр.браку | 20,00 | 44,00 | 8,80 | 11,20 |
| Пішло (всього) | 11652,63 | | 979,00 | 10673,63 |

Гауч–вал

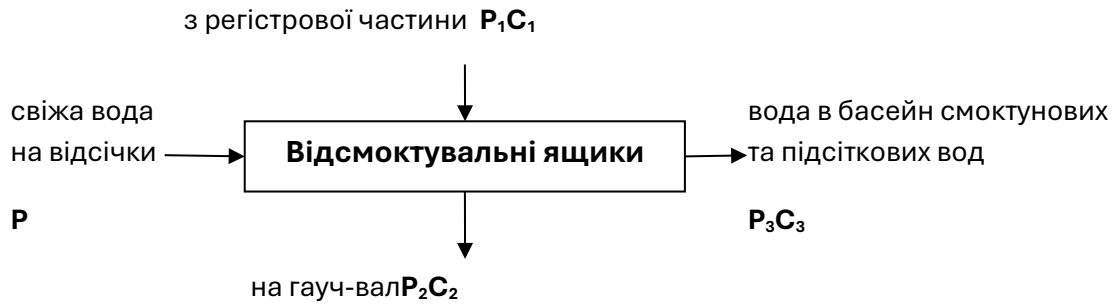
після відсмоктувальних ящиків P_1C_1



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|
| Після відсм.ящиків | 7546,51 | 13,00 | 981,05 | 6565,46 |
| Св.вода на відсічки | 2500,00 | 0,00 | 0,00 | 2500,00 |
| Надійшло(всього) | 10046,51 | | 981,05 | 9065,46 |
| На пресову частину | 5152,63 | 19,00 | 979,00 | 4173,63 |
| Води від гауч-вала | 4883,88 | 0,0030 | 0,15 | 4883,73 |
| В г/зміш.мокр.браку | 10,00 | 19,00 | 1,90 | 8,10 |

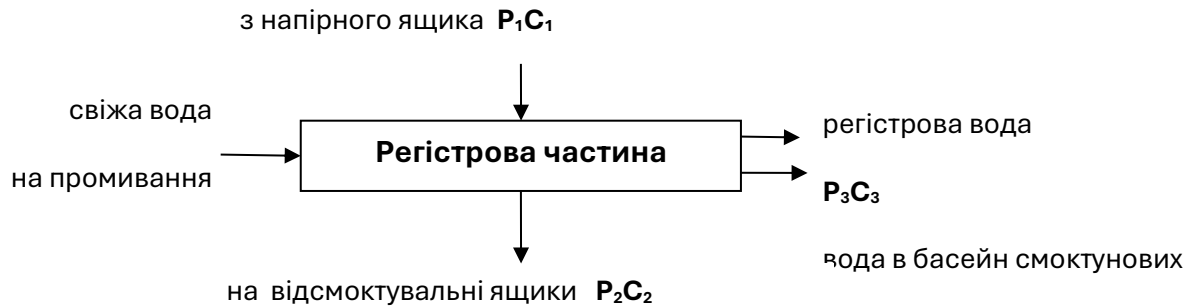
| | | | | |
|----------------|----------------------------|--|---------------|---------------------------|
| Пішло (всього) | 10046,5 1 | | 981,05 | 9065,4 6 |
|----------------|----------------------------|--|---------------|---------------------------|

Відсмоктувальні ящики



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|
| Після реєстр. частини | 28879,4 0 | 3,50 | 1010,78 | 27868,6 2 |
| Св. вода на відсічки | 8400,00 | 0,00 | 0,00 | 8400,00 |
| Надійшло (всього) | 37279,4 0 | | 1010,78 | 36268,6 2 |
| На гауч-вал | 7546,51 | 13,00 | 981,05 | 6565,46 |
| Води в бас. відсм. води | 29732,8 9 | 0,1000 | 29,73 | 29703,1 6 |
| Пішло (всього) | 37279,4 0 | | 1010,78 | 36268,6 2 |

Реєстрова частина



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| Після н.ящика | 269707,6 9 | 0,50 | 1348,54 | 268359,1 6 |
| Свіжа вода на пром.сітки | 15000,00 | 0,000 | 0,00 | 15000,00 |
| Надійшло(всього) | 284707,6 9 | | 1348,54 | 283359,1 6 |
| На відсм.ящики | 28879,40 | 3,50 | 1010,78 | 27868,62 |
| Регістрові води | 240828,3 0 | 0,1400 | 337,16 | 240491,1 4 |
| Підсіткові води | 15000,00 | 0,0040 | 0,60 | 14999,40 |
| Пішло (всього) | 284707,6 9 | | 1348,54 | 283359,1 6 |

Напірний ящик

із селективфайєра P_1C_1



Напірний ящик



у реєстрову частину P_2C_2

| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| Після вузлоуловлюв. | 269707,6 9 | 0,5000 | 1348,54 | 268359,1 6 |
| Надійшло(всього) | 269707,6 9 | | 1348,54 | 268359,1 6 |
| На рег. частину | 269707,6 9 | 0,5000 | 1348,54 | 268359,1 6 |
| Пішло (всього) | 269707,6 9 | | 1348,54 | 268359,1 6 |

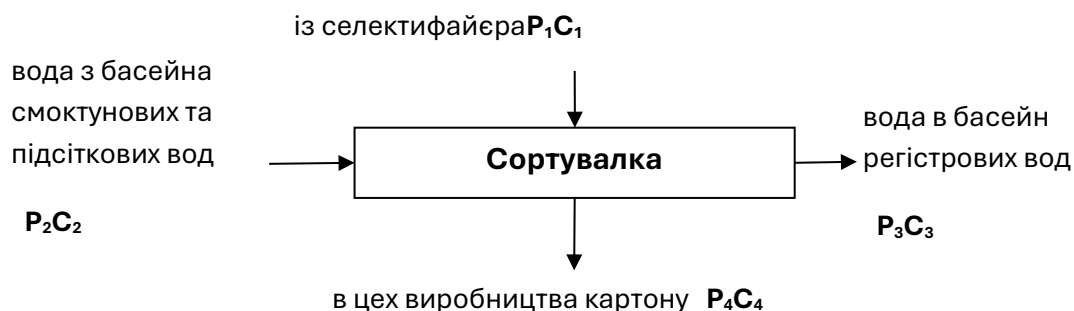
Селективфайєр

із змішувального насоса №1 P₁C₁



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Після зміш.нас.№1 | 272404,77 | 0,5020 | 1367,42 | 271037,35 |
| Надійшло(всього) | 272404,77 | | 1367,42 | 271037,35 |
| У н/ящик | 269707,69 | 0,5000 | 1348,54 | 268359,16 |
| На плоску сортувал. | 2697,08 | 0,7000 | 18,88 | 2678,20 |
| Пішло (всього) | 272404,77 | | 1367,42 | 271037,35 |

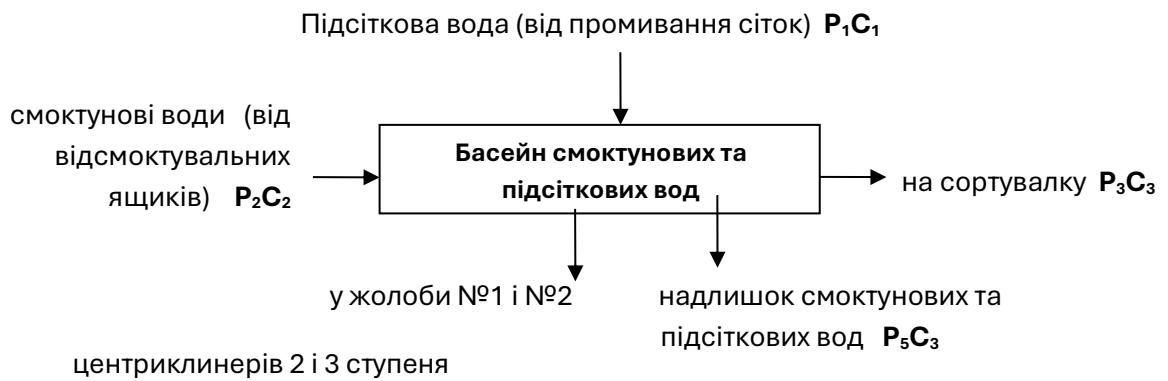
Сортувалка



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------|----------|-----------------|-------------|----------|
| З бас.надлишк.вод | 850,00 | 0,0767 | 0,65 | 849,35 |

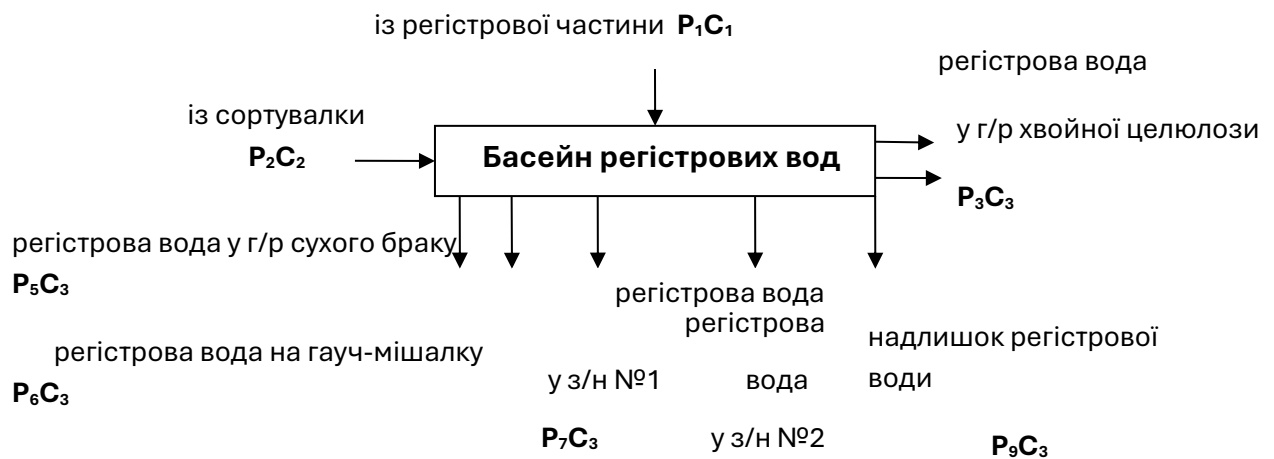
| | | | | |
|-------------------------|---------------------|--------|--------------|---------------------|
| Після селективфайера | 2697,0 8 | 0,7000 | 18,88 | 2678,2 0 |
| Надійшло(всього) | 3547,0 8 | | 19,53 | 3527,5 5 |
| У бас.регістр.вод | 3469,0 0 | 0,5000 | 17,35 | 3451,6 6 |
| У цех виробн.картону | 78,07 | 2,8000 | 2,19 | 75,89 |
| Пішло (всього) | 3547,0 8 | | 19,53 | 3527,5 5 |

Басейн смоктунових та підсіткових вод



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|--------------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| Від відсмоктув.ящиків | 29732,89 | 0,1000 | 29,73 | 29703,16 |
| Від промив.сітки | 15000,00 | 0,0040 | 0,60 | 14999,40 |
| | | | | |
| Надійшло(всього) | 44732,89 | | 30,33 | 44702,56 |
| На сортувалку | 850,00 | 0,0767 | 0,65 | 849,35 |
| У жолоб №1 і №2 | 40086,45 | 0,0767 | 30,73 | 40055,73 |
| У басейн надлишкових вод | 11712,75 | 0,1451 | 17,00 | 11695,75 |
| Пішло (всього) | 52649,20 | | 48,38 | 52600,83 |

Басейн реєстрових вод

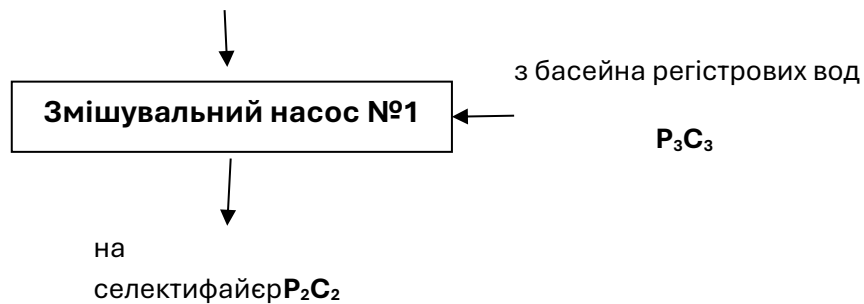


| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|----------------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|
| З реєстрової частини | 240828,30 | 0,1400 | 337,16 | 240491,14 |

| | | | | |
|-------------------------|------------------|--------|---------------|------------------|
| Від плоск. сортув. | 3469,00 | 0,5000 | 17,35 | 3451,66 |
| Надійшло(всього) | 244297,30 | | 354,50 | 243942,80 |
| У зм.насос №1 | 97211,57 | 0,1451 | 141,07 | 97070,51 |
| У зм.насос №2 | 105442,00 | 0,1451 | 153,01 | 105288,99 |
| | 0,00 | 0,1451 | 0,00 | 0,00 |
| У г/розб.хвойн.цел. | 27266,66 | 0,1451 | 39,57 | 27227,09 |
| У г/розб.сухого браку | 1067,10 | 0,1451 | 1,55 | 1065,55 |
| У зміш.мокр.браку | 1597,22 | 0,1451 | 2,32 | 1594,90 |
| У басейн надл.вод | 11712,75 | 0,1451 | 17,00 | 11695,75 |
| Пішло (всього) | 244297,30 | | 354,50 | 243942,80 |

Змішувальний насос №1

від центриклинерів 1 ступеня P₁C₁

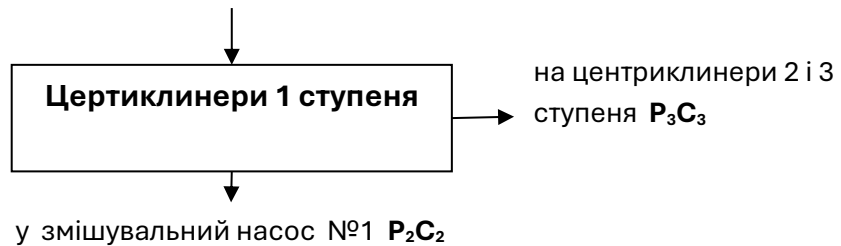


| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|------------------|--------------------|----------------|------------------|
| Регістова вода | 97211,57 | 0,1451 | 141,07 | 97070,51 |
| Після центрикл. Іст. | 175193,20 | 0,7000 | 1226,35 | 173966,84 |
| Надійшло(всього) | 272404,77 | | 1367,42 | 271037,35 |

| | | | | |
|-----------------------|------------------|--------|----------------|------------------|
| На селективайєр | 272404,77 | 0,5020 | 1367,42 | 271037,35 |
| Пішло (всього) | 272404,77 | | 1367,42 | 271037,35 |

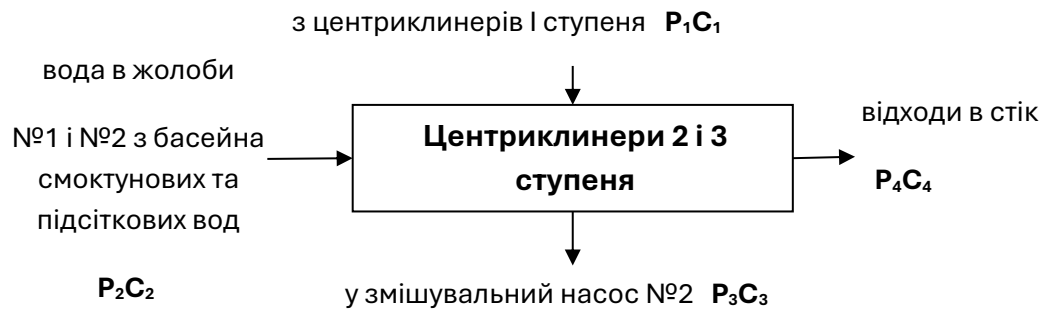
Центриклинери 1 ступеня

із змішувального насоса №2 P₁C₁



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|--------------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Після зміш.насоса №2 | 196846,29 | 0,7330 | 1442,88 | 195403,40 |
| Надійшло(всього) | 196846,29 | | 1442,88 | 195403,40 |
| У змішув.насос №1 | 175193,20 | 0,7000 | 1226,35 | 173966,84 |
| У центрикл. II і III ст. | 21653,09 | 1,0000 | 216,53 | 21436,56 |
| Пішло (всього) | 196846,29 | | 1442,88 | 195403,40 |

Центриклинери 2 і 3 ступеня



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Після центрикл. I ст. | 21653,09 | 1,0000 | 216,53 | 21436,56 |
| Надлиш. вода в жолоб I і II | 40086,45 | 0,0767 | 30,73 | 40055,73 |
| Надійшло (всього) | 61739,54 | | 247,26 | 61492,29 |
| У змішув. насос №2 | 61589,54 | 0,4000 | 246,36 | 61343,19 |
| Відходи у відвал | 150,00 | 0,6000 | 0,90 | 149,10 |
| Пішло (всього) | 61739,54 | | 247,26 | 61492,29 |

Змішувальний насос № 2



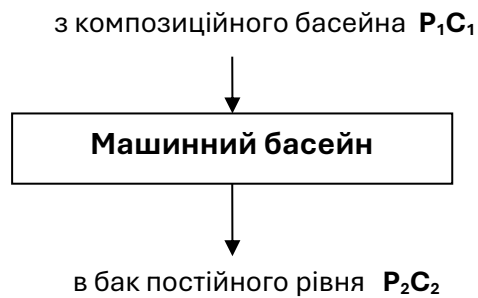
| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Регістова вода | 105442,00 | 0,1451 | 153,01 | 105288,99 |
| Від центриклин. II ст. | 61589,54 | 0,4000 | 246,36 | 61343,19 |
| З БПР | 29814,75 | 3,5000 | 1043,52 | 28771,23 |
| Надійшло(всього) | 196846,29 | | 1442,88 | 195403,40 |
| На центрикл. I ст. | 196846,29 | 0,7330 | 1442,88 | 195403,40 |
| Пішло (всього) | 196846,29 | | 1442,88 | 195403,40 |

Бак постійного рівня



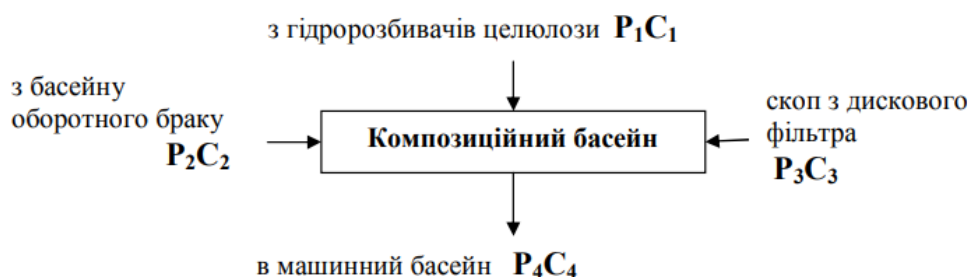
| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|----------------------|-----------------|----------------|----------------------|
| Після машин.басейна | 29814,7 5 | 3,5000 | 1043,52 | 28771,2 3 |
| Надійшло(всього) | 29814,7 5 | | 1043,52 | 28771,2 3 |
| На зміш.насос №2 | 29814,7 5 | 3,5000 | 1043,52 | 28771,2 3 |
| Пішло (всього) | 29814,7 5 | | 1043,52 | 28771,2 3 |

Машинний басейн



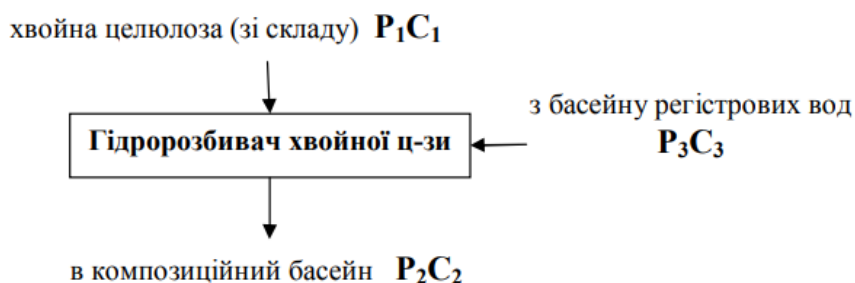
| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|----------------------|-----------------|----------------|----------------------|
| Після композ.басейна | 29814,7 5 | 3,5000 | 1043,52 | 28771,2 3 |
| Надійшло(всього) | 29814,7 5 | | 1043,52 | 28771,2 3 |
| На БПР | 29814,7 5 | 3,5000 | 1043,52 | 28771,2 3 |
| Пішло (всього) | 29814,7 5 | | 1043,52 | 28771,2 3 |

Композиційний басейн



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Із г/розбив.хв.цел-зи | 28349,22 | 3,5000 | 992,22 | 27357,00 |
| | 0,00 | 3,5000 | 0,00 | 0,00 |
| Із басейна обіг.браку | 1464,52 | 3,5000 | 51,26 | 1413,27 |
| Скоп з диск.фільтра | 1,00 | 3,5000 | 0,04 | 0,97 |
| | | | | |
| Надійшло(всього) | 29814,75 | | 1043,52 | 28771,23 |
| У машинний басейн | 29814,75 | 3,5000 | 1043,52 | 28771,23 |
| Пішло (всього) | 29814,75 | | 1043,52 | 28771,23 |

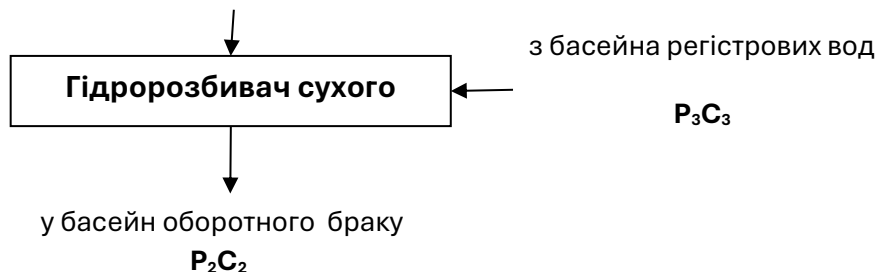
Гідророзбивач целюлози



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Хв.цел-за зі складу | 1082,56 | 88,00 | 952,66 | 129,91 |
| Вода з бас.рег.вод | 27266,66 | 0,1451 | 39,57 | 27227,09 |
| Надійшло(всього) | 28349,22 | | 992,22 | 27357,00 |
| У композиційний бас. | 28349,22 | 3,50 | 992,22 | 27357,00 |
| Пішло (всього) | 28349,22 | | 992,22 | 27357,00 |

Гідророзбивач сухого браку

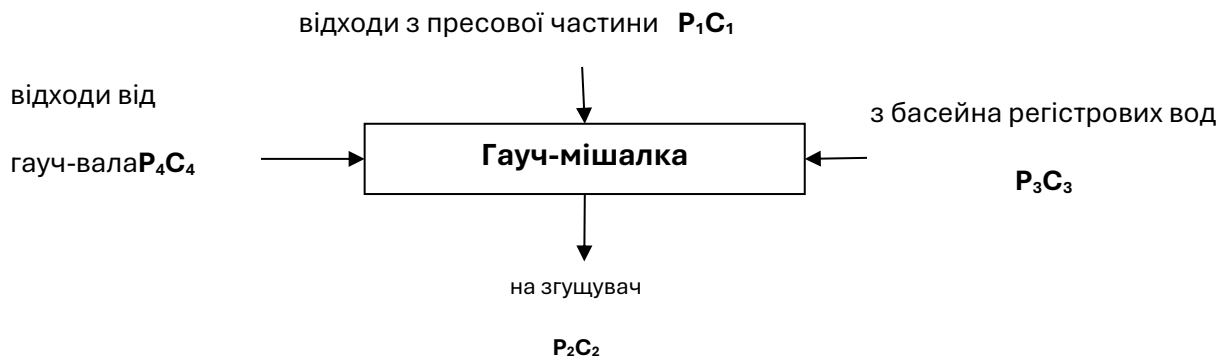
відходи з ПРВ, сушильної частини, накату P_1C_1



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|--------------|----------|-----------------|-------------|----------|
| З ПРС | 20,00 | 93,00 | 18,60 | 1,40 |
| З накату | 10,00 | 93,00 | 9,30 | 0,70 |
| З сушіння | 10,00 | 93,00 | 9,30 | 0,70 |

| | | | | |
|-------------------------|---------------------|--------|--------------|---------------------|
| З бас-ну рег.вод | 1067,1 0 | 0,1451 | 1,55 | 1065,5 5 |
| Надійшло(всього) | 1107,1 0 | | 38,75 | 1068,3 5 |
| У басейн обор.браку | 1107,1 0 | 3,5000 | 38,75 | 1068,3 5 |
| Пішло (всього) | 1107,1 0 | | 38,75 | 1068,3 5 |

Гауч–мішалка мокрого браку

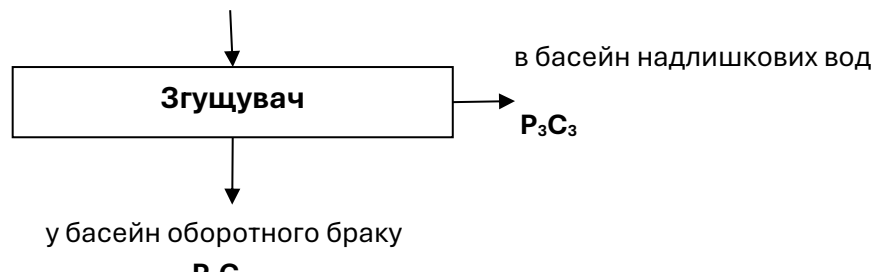


| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|---------------------|-----------------|--------------|---------------------|
| З пресової частини | 20,00 | 44,00 | 8,80 | 11,20 |
| З гауч-вала | 10,00 | 19,00 | 1,90 | 8,10 |
| З бас-ну рег.вод | 1597,2 2 | 0,1451 | 2,32 | 1594,9 0 |
| Надійшло(всього) | 1627,2 2 | | 13,02 | 1614,2 0 |
| На згущ.мокрого браку | 1627,2 2 | 0,8000 | 13,02 | 1614,2 0 |

| | | | | |
|----------------|---------------------------|--|--------------|---------------------------|
| Пішло (всього) | 1627,2 2 | | 13,02 | 1614,2 0 |
|----------------|---------------------------|--|--------------|---------------------------|

Згущувач мокрого браку

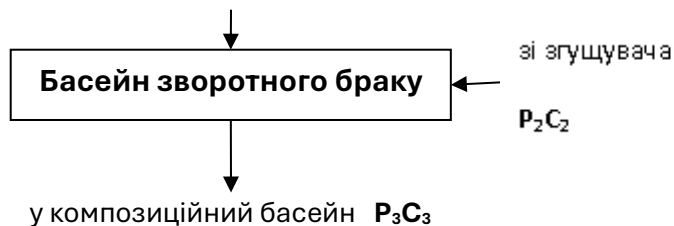
із гауч-мішалки P₁C₁



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|--------------|---------------------------|
| Після зміш.мокр.браку | 1627,2 2 | 0,8000 | 13,02 | 1614,2 0 |
| Надійшло(всього) | 1627,2 2 | | 13,02 | 1614,2 0 |
| У басейн обор.браку | 357,42 | 3,5000 | 12,51 | 344,91 |
| У басейн надл.вод | 1269,8 0 | 0,0400 | 0,51 | 1269,2 9 |
| Пішло (всього) | 1627,2 2 | | 13,02 | 1614,2 0 |

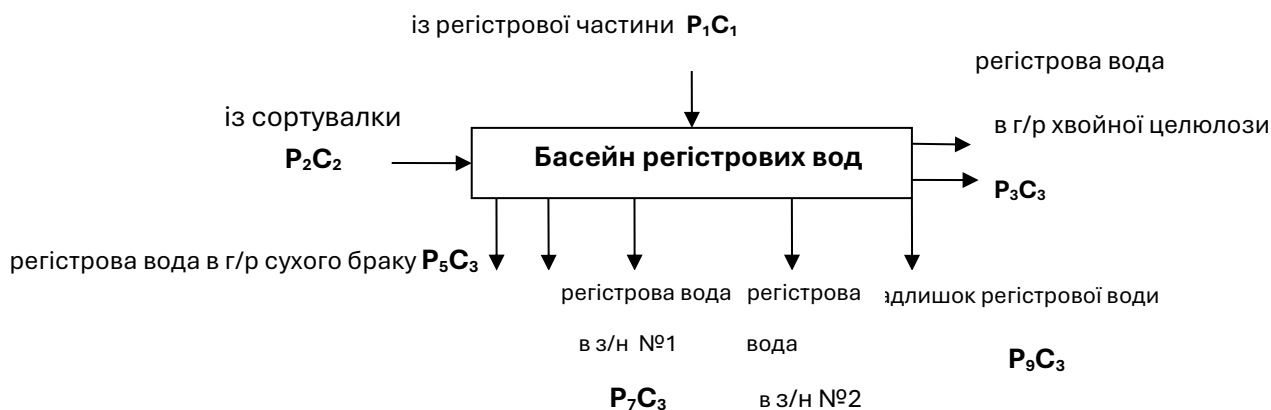
Басейн зворотного браку

із гідророзбивача сухого браку P_1C_1



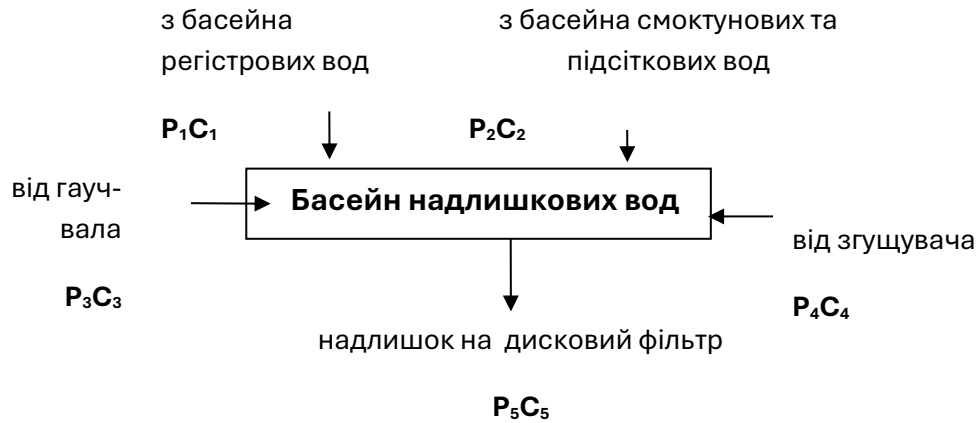
| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|----------------|-----------------|--------------|----------------|
| З г/розбив.сух.браку | 1107,10 | 3,50 | 38,75 | 1068,35 |
| Зі зміш.мокрого браку | 357,42 | 3,50 | 12,51 | 344,91 |
| | | | | |
| Надійшло(всього) | 1464,52 | | 51,26 | 1413,27 |
| У композиц.басейн | 1464,52 | 3,50 | 51,26 | 1413,27 |
| Пішло (всього) | 1464,52 | | 51,26 | 1413,27 |

Басейн реєстрових вод



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|------------------|-----------------|---------------|------------------|
| З регістрової частини | 240828,30 | 0,1400 | 337,16 | 240491,14 |
| Від плоск. сортув. | 3469,00 | 0,5000 | 17,35 | 3451,66 |
| Надійшло(всього) | 244297,30 | | 354,50 | 243942,80 |
| У зм.насос №1 | 97211,57 | 0,1451 | 141,07 | 97070,51 |
| У зм.насос №2 | 105442,00 | 0,1451 | 153,01 | 105288,99 |
| | 0,00 | 0,1451 | 0,00 | 0,00 |
| У г/розб.хвойн.цел. | 27266,66 | 0,1451 | 39,57 | 27227,09 |
| У г/розб.сухого браку | 1067,10 | 0,1451 | 1,55 | 1065,55 |
| У зміш.мокр.браку | 1597,22 | 0,1451 | 2,32 | 1594,90 |
| У басейн надл.вод | 11712,75 | 0,1451 | 17,00 | 11695,75 |
| Пішло (всього) | 244297,30 | | 354,50 | 243942,80 |

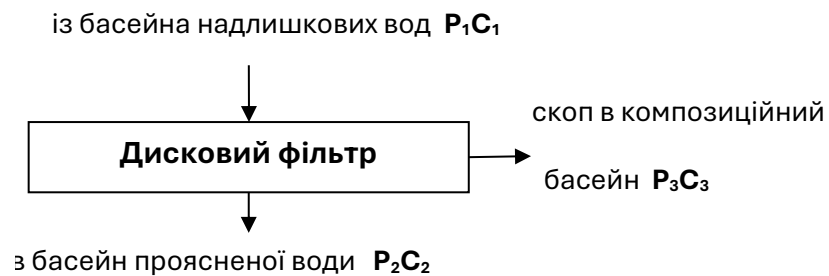
Басейн надлишкових вод



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| З басейну рег.вод | 11712,75 | 0,1451 | 17,00 | 11695,75 |
| З басейну підсітк.вод | 15000,00 | 0,0040 | 0,60 | 14999,40 |
| З басейну вод відсм.ящ. | 29732,89 | 0,1000 | 29,73 | 29703,16 |
| Від гауч-вала | 4883,88 | 0,0030 | 0,15 | 4883,73 |
| Від сгущ.мокр.браку | 1269,80 | 0,0400 | 0,51 | 1269,29 |
| Надійшло(всього) | 62599,31 | | 47,98 | 62551,33 |
| У жолоб №1 і №2 | 40086,45 | 0,0767 | 30,73 | 40055,73 |
| На сортувалку | 850,00 | 0,0767 | 0,65 | 849,35 |
| На дисковий фільтр | 21662,86 | 0,0767 | 16,61 | 21646,26 |

| | | | | |
|----------------|----------------------------|--|--------------|----------------------------|
| Пішло (всього) | 62599,3 1 | | 47,98 | 62551,3 3 |
|----------------|----------------------------|--|--------------|----------------------------|

Дисковий фільтр



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|----------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|
| З басейну надл.вод | 21662,8 6 | 0,0767 | 16,61 | 21646,2 6 |
| Надійшло(всього) | 21662,8 6 | | 16,61 | 21646,2 6 |
| У композиц.басейн | 468,38 | 3,50 | 16,39 | 451,98 |
| У басейн освітл.вод | 21194,4 8 | 0,0010 | 0,21 | 21194,2 7 |
| Пішло (всього) | 21662,8 6 | | 16,61 | 21646,2 6 |

Безповоротні втрати волокна

У табл. 2 наведено результати зведеного балансу води і волокна.

Для розрахунку безповоротних втрат волокна потрібно врахувати всі його втрати для даного виробництва. У нашому випадку вони становлять:

$$952,66 - 930,0 = 22,66 \text{ кг.}$$

В такому випадку вимої волокна (ВВ) становлять:

$$ВВ = \frac{22,66 \cdot 100}{952,66} = 2,38\%.$$

Результати розрахунків

Таблиця 2 – Результати зведеного балансу води і волокна

| Волокно (абс.сух.),кг | Надходження | Витрати |
|--------------------------------|---------------|---------|
| Хвойна целюлоза (невибілена) | 952,66 | |
| | 0,00 | |
| Всього: | 952,66 | |
| Готова продукція | | 930,00 |
| Відходи центриклинерів III ст. | | 0,90 |

| | | |
|---|--------------------|------------------|
| З пресовими водами | | 2,93 |
| На промивання сукон | | 0,07 |
| На очисні споруди | | 0,21 |
| Відходи сортувалки (в цех виробн.картону) | | 2,19 |
| | Всього: | 936,30 |
| | | |
| Вода, кг | Надходження | Витрати |
| | | |
| З хвойною целюлозою | 129,91 | |
| | 0,00 | |
| Свіжа вода на промивання сіток | 15000,00 | |
| Свіжа вода на відсічки відсм.ящиків | 8 400,00 | |
| Свіжа вода на промив. сукна | 6 500,00 | |
| Свіжа вода на відсічки в гаучі | 2 500,00 | |
| | Всього: | 32 529,91 |
| | | |
| З готовою продукцією | | 70,00 |
| З парою під час сушіння | | 1158,18 |
| З відходами центр. III ст. | | 149,10 |
| З пресовими водами | | 2931,51 |
| Промивання сукон | | 6499,94 |
| На очисні споруди | | 21194,27 |
| З відходами сортувалки (в цех виробн.картону) | | 75,89 |

| | | |
|--|----------------|------------------|
| | Всього: | 32 078,89 |
|--|----------------|------------------|

Тепловий баланс

| Розрахунок контактеного сушіння паперу | | |
|---|------------------------|---------|
| Вихідні дані | | |
| Продуктивність, кг/год. | $G=$ | 2778,3 |
| Початкова вологість матеріалу, % | $W_1=$ | 44 |
| Кінцева вологість матеріалу, % | $W_2=$ | 7 |
| Початкова температура матеріалу, оС | $t_1=$ | 20 |
| Початкова температура повітря, оС | $\theta_1=$ | 10 |
| Початкова вологість повітря, % | $F_1=$ | 0,5 |
| Кінцева температура повітря, оС | $\theta_4=$ | 80 |
| Кінцева вологість повітря, % | $F_2=$ | 0,9 |
| Температура повітря після теплообмінників, оС | $\theta_2=$ | 25 |
| Температура пари, що гріє, оС | $\theta_{\text{пар}}=$ | 130 |
| Тепловий баланс сушки | | |
| Стаття приходу/витрати тепла | | кДж/год |

| | | |
|---|-------------|-------------|
| Прихід тепла | | |
| 1. З паром, що поступає в сушильні циліндри | | 5562227,864 |
| 2. З паром, що поступає в калорифер | | 653301,3029 |
| 3. Тепло використане в теплообміннику | | 220748,3732 |
| Усього | | 6436277,54 |
| Витрати тепла | | |
| 1. На підігрів матеріалу | | 525257,46 |
| 2. На сушку в 2-му, 3-му періодах | | 4920665,456 |
| 3. На втрати в навколишнє середовище | | 33778,34037 |
| 4. На втрати з невикористаним повітрям | | 22074,83732 |
| 5. На підігрів повітря в теплообмінниках | | 220748,3732 |
| 6. На втрати з повітрям йдуть | | 787335,8644 |
| Усього | | 6509860,331 |
| Результати розрахунку | | |
| Витрати пари в сушильній частині, кг/год. | $D_1=$ | 2533,594425 |
| Витрати пари в калориферах, кг/год. | $D_2=$ | 297,5787003 |
| Загальна витрата пари, кг/год. | $D=$ | 2831,173125 |
| Витрата пари на 1 кг матеріалу, кг/год. | $D_{уд}=$ | 1,019030747 |
| Кількість повітря, що подається в сушку, кг/год. | $L=$ | 14606,84701 |
| Кількість свіжого повітря, кг/год. | $L_9=$ | 16067,53171 |
| Поверхня теплопередачі для підігріву в сушку, m^2 | $F_1=$ | 6,669936 |
| Поверхня теплопередачі для сушіння, m^2 | $F_{2,3}=$ | 79,71425746 |
| Загальна поверхня теплопередачі, m^2 | $F=$ | 86,38419346 |
| Температура повітря на вході в суш. частини, С | $\theta_3=$ | 74,39226165 |

| | | |
|--|--------|--------|
| Температура матеріалу при сушці з пост, скор., С | $t_2=$ | 60 |
| Сер. Температура матеріалу під періода 2,3, С | $t_4=$ | 78,9 |
| Сер. Температура матеріалу, С | $t_5=$ | 40 |
| Температура матеріалу після сушіння, С | $t_3=$ | 113,55 |

5. Вибір основного технологічного обладнання

Папероробна машина марки Б-67 призначена для виготовлення основи під світлочутливу і фотокальку, креслярський прозорий папір, а також основу для діаграмного і терморективного паперу з масою 40–80 г/м². Машина забезпечує обрізну ширину полотна 4200 мм. Продуктивність машини становить від 15 до 35 тонн на добу, залежно від режиму роботи та виду продукції. Машина працює з швидкістю приводу 250 метрів за хвилину, що свідчить про її високу ефективність і придатність для великосерійного виробництва.

Визначення продуктивності паперової машини марки Б-67, кг/год, розраховується за формулою.

Годинна продуктивність паперової машини розраховується:

$$Q = 0,06 \cdot B \cdot V \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2 = 0,06 \cdot 4,2 \cdot 250 \cdot 50 \cdot 0,98 \cdot 0,9 = 2778,3 \text{ кг/год}$$

де, Q – продуктивність машини, кг/год;

B – необрізана ширина паперового полотна на накаті – 4,2 м;

V – робоча швидкість машини на накаті – 250 м/хв;

g – маса 1м² паперу – 50 г

K_1 – коефіцієнт, що враховує холостий хід машини (брак на машині і обриви під час оздоблення) $K_1 = 0,92 - 0,98$

K_2 – коефіцієнт виходу паперу нетто з брутто, $K_2 = 0,9$

Продуктивність ПРМ за добу:

$$Q = 2778,3 \cdot 22,5 = 62\,511 \frac{\text{кг}}{\text{добу}} = 62,5 \text{ т/добу.}$$

Продуктивність ПРМ за рік:

$$Q = 62511 \cdot 345 = 21\,566\,553 \frac{\text{кг}}{\text{рік}} = 21566,5 \text{ т/рік.}$$

Дискові млини

Для досягнення необхідного ступеня млива 85 °ШР розрахуємо необхідну кількість дискових млинів.

Початковий ступінь млива листяної і хвойної целюлози становить 14-18 °ШР. Приймаємо, що початковий ступінь млива хвойної невібіленої целюлози 12 °ШР (85-12)=73 °ШР. Для хвойної невібіленої целюлози приріст ступеня млива за один ступінь розмелювання в дисковому млині складає – 9 °ШР, тому необхідно встановити 8 штук дискових млинів.

Обираємо гідророзбивач марки ГРВ-24 (гідророзбивач вертикальний).

Технічна характеристика:

| | |
|--|-----|
| 1. продуктивність, т/добу | |
| матеріал, що легко розпускається | 240 |
| матеріал, що важко розпускається | 75 |
| 2. об'єм ванни, м ³ | 24 |
| 3. потужність електродвигуна, кВт | 315 |
| 4. умовний прохід патрубка для виходу готової маси, DN | 300 |
| 5. діаметр отворів сита, мм | 6 |

Обираємо здвоєні дискові млини марки МДС-02.

Технічна характеристика:

| | |
|--|---------|
| 1. діаметр дисків, мм | 500 |
| 2. частота обертання ротора, хв. ⁻¹ | 1000 |
| 3. установочна потужність, кВт | 200 |
| 4. потужність холостого ходу, кВт | 50 |
| 5. окружна швидкість ротора, м/с | 26,1 |
| 6. продуктивність, т/добу | 20...70 |
| 7. маса, не більше, т | 6 |

Обираємо вихрові очисники марки УВК-90-01.

Технічна характеристика:

| | |
|---------------------------------------|----------------|
| 1. продуктивність, т/добу | 90 |
| 2. пропускна здатність очисника, л/хв | 125 |
| 3. діаметр, мм | |
| очисника | 80 |
| отворів насадки | 13 |
| 4. кількість | |
| очисників за стадіями | |
| I - 112 | |
| II - 32 | |
| III - 12 | |
| IV - - - | |
| секцій I ступ - 2 | |
| 5. габаритні розміри, мм | 6,48*4,80*2,59 |
| 6. маса з насосом та двигуном, т | 9,85 |

Обираємо вузловловлювачі двоситові закритого типу марки ВЗ-09.

Технічна характеристика:

| | |
|--|-------------|
| 1. площа сита, м | 0,9 |
| 2. продуктивність, т/добу | 30...60 |
| 3. найбільша концентрація сортованої маси, % | 1,3 |
| 4. перепад тиску, МПа | 0,02...0,05 |
| 5. найбільший розрахований тиск, МПа | 0,5 |
| 6. кількість лопатей ротора, шт. | 4 |
| 7. частота обертання ротора, хв. ⁻¹ | 478 |
| 8. діаметр отворів сита, мм | 1,4...2,4 |
| 9. потужність електродвигуна, кВт | 10 |
| 10. габаритні розміри, м: | |
| довжина | 1,58 |
| ширина | 1,30 |
| висота | 1,38 |
| загальна маса, т | 0,9 |

Обираємо пульсаційні млини марки МП-03.

Технічна характеристика:

| | |
|---|---------|
| 1. продуктивність за повітряно-сухим волокном, т/добу | 25...95 |
| 2. діаметр ротора, мм | 375 |
| 3. кількість робочих зон | 3 |
| 4. частота обертання ротора, хв | 1500 |
| 5. габаритні розміри, м | |
| довжина | 2,20 |
| ширина | 0,58 |
| висота | 0,83 |
| 6. маса, т | 1,82 |

Обираємо шаберний згущувач (дисковий фільтр) марки СШ-19-01.

Технічна характеристика:

| | |
|--|----------------|
| 1. продуктивність при роботі на паперовому браку, т/добу | 50...75 |
| 2. концентрація волокна, % | |
| що надходить | 0,4...1 |
| згущеного | 5...7 |
| 3. параметри сіткового циліндра, м | |
| діаметр | 2,00 |
| довжина | 3,00 |
| площа бічної поверхні, м ² | 9 |
| частота обертання барабана, хв ⁻¹ | 14;16;18 |
| споживча потужність, кВт | 11 |
| 4. габаритні розміри, м | 5,40*3,02*2,72 |
| 5. маса, т | 9,78 |

6. Короткі теоретичні відомості основних процесів

Розмелювання волокнистої маси здійснюється за допомогою здвоєних дискових млинів типу МДС, які на сьогодні є провідним типом обладнання для обробки маси з різною концентрацією. Такі млини мають три диски та дві зони розмелювання, фактично поєднуючи функціональність двох однодискових млинів. Завдяки цьому, при схожих габаритах, вони забезпечують удвічі вищу продуктивність.

У більшості конструкцій середній диск закріплений консольно на валу, хоча існують варіанти, де він обертається на двох опорах. Деякі моделі передбачають зустрічне обертання крайніх дисків, що покращує ефективність процесу. Здвоєні млини третього та четвертого типорозмірів можуть функціонувати за трьома різними схемами подачі маси, що дозволяє адаптувати їх до конкретних виробничих умов і вимог до якості розмелювання.

На ефективність процесу розмелювання волокнистих напівфабрикатів впливає сукупність факторів, які умовно поділяють на дві основні групи — постійні та змінні.

Постійні чинники зумовлені природними властивостями волокна, його походженням і хімічним складом, а також конструктивними характеристиками самого розмелювального обладнання. До них належать окружна швидкість дисків, геометричні параметри ножів (ширина, глибина і форма канавок, кут нахилу лез), а також матеріал, з якого виготовлені робочі елементи. Ці параметри визначають механічну дію на волокна і ступінь їх обробки.

Змінні чинники, в свою чергу, формують режим розмелювання та можуть регулюватися в процесі виробництва. До них належать тривалість обробки, робочий тиск, температура та концентрація волокнистої маси, її кислотно-лужний баланс (рН), а також використання гідрофільних або функціональних добавок.

Пресування є одним з ключових етапів виготовлення паперу, основним завданням якого є видалення вологи з паперового полотна після формування його на сітковій частині машини. Цей процес забезпечує часткове зневоднення волокнистої маси за рахунок механічного стиснення між валами, а також сприяє покращенню структури та фізико-механічних властивостей готової продукції.

Передача паперового полотна з формувальної (сіткової) частини в пресову здійснюється таким чином, щоб мінімізувати вільний проліт полотна та ризик його обриву. У сучасних конструктивних рішеннях часто застосовують комбіновані пристрої, які одночасно виконують функції пересмоктування та першого етапу пресування. Зазвичай такий пристрій включає вакуумний вал, який водночас є частиною пресового вузла. Завдяки широкій вакуумній камері, сукно, що огортає вал, забезпечує стабільну підтримку полотна під час його переміщення з сітки до зони пресування. Таким чином, полотно перебуває під дією вакууму на всьому шляху до першого преса, що забезпечує його стабільне транспортування та попереднє зневоднення.

Подальше пресування виконується за допомогою одного або кількох пресових вузлів, у яких полотно стискається між жорсткими або еластичними поверхнями. Як правило, кожен наступний прес забезпечує більший ступінь зневоднення, завдяки чому зменшується навантаження на сушильну частину машини. Полотно, зазвичай, супроводжується спеціальними пресовими сукнами, які забезпечують рівномірний тиск, стабільність транспортування та ефективно відведення вологи.

Сушильна частина машини складається з 4...5 пресів, з яких перші два преси відсмоктувальні, причому перший прес іноді має здвоєне сукно. Для підвищення сухості паперового полотна в пресовій частині встановлюють прес Venta-Nip і прес високої інтенсивності Hi-1-Nip з використанням голкопробивних сукен. Ці сукна мають підвищену міцність (маса 1 м² їх близько 1200 г), хорошу пропускну здатність і не викликають маркування. Вміст синтетичних волокон у таких сукнах досягає 75 %. Особливість конструкції преса Venta-Nip полягає в тому, що на нижньому валу з твердим гумовим облицюванням нанесені спіральні канавки.

Вода, що віджимається пресом, потрапляє в канавки і видаляється з них під впливом відцентрової сили, а також за допомогою шабера. Прес Venta-Nip встановлюється в положенні другого, третього й іноді четвертого преса.

Прес високої інтенсивності Hi-1-Nip має невеликий сталевий жолобчастий валик, розташований між двома пресовими валами, з яких верхній вал гранітний або стонітовий, а нижній облицьований гумою твердістю 20 ... 30 пунктів за Пуссей-Джонсом. Жолобки служать для видалення води, що віджимається з полотна. Ефективність дії цього преса ґрунтується на інтенсифікації відведення віджатої води і зменшенні зони пресування завдяки малому діаметру жолобчастого валика, у зв'язку з чим у пресі зростає питомий тиск на бушпаклювальне полотно.

Прес високої інтенсивності встановлюється, як правило, в положенні третього преса. Використання такого преса під час вироблення підпергаменту на

машині шириною 4800 мм дає змогу підвищити сухість паперового полотна з 27...28 до 31 % за лінійного тиску 4,0...4,5 МПа. Це сприяє збільшенню продуктивності машини загалом на 15 % за економії пари близько 13 %.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ

Виробництво підпергаменту є складовою частиною целюлозно-паперової промисловості, яка відіграє важливу роль у забезпеченні потреб різних галузей економіки. Разом із тим, цей напрям виробництва характеризується підвищеним рівнем впливу на навколишнє середовище та створює низку ризиків для здоров'я і безпеки працівників.

В умовах сучасного виробництва забезпечення охорони праці має ґрунтуватися на дотриманні вимог чинного законодавства України щодо безпеки технологічного процесу, стану засобів колективного та індивідуального захисту, а також належного санітарно-побутового забезпечення персоналу.

Пожежна безпека

У процесі виготовлення підпергаменту, який супроводжується використанням легкозаймистих матеріалів, високих температур і механізованого обладнання, питання пожежної безпеки є надзвичайно важливим складником загальної системи охорони праці. Одним із ключових елементів профілактики виробничих ризиків є проведення регулярних інструктажів з пожежної безпеки та навчання працівників діям у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Відповідальна особа за пожежну безпеку повинна здійснювати постійний контроль за дотриманням установлених норм і вимог, розробляти необхідні

інструкції та іншу документацію, що регламентує пожежну безпеку в цехах і на виробничих дільницях. Зважаючи на специфіку виробництва, кожен об'єкт повинен мати індивідуально розроблений комплекс заходів з урахуванням потенційних джерел займання та характеру використовуваної сировини.

Відповідно до чинних нормативних вимог згідно ДБН В.1.1-7:2016 та ДБН В.1.2-7:2021, вогнегасники та пожежні рукави необхідно розміщувати на відстані не більше 30 метрів один від одного у виробничих приміщеннях.

Невід'ємною умовою ефективного нагляду за пожежною безпекою є наявність автоматизованої пожежної сигналізації, технічний стан якої слід перевіряти з визначеною періодичністю. Інструкції щодо порядку дій при виникненні пожежі мають бути доступними кожному працівникові, а персонал повинен бути обізнаний зі своїми обов'язками під час евакуації та локалізації загрози.

Електробезпека

У процесі виробництва підпергаменту, широко використовується електротехнічне обладнання – сушильні установки, різальні машини, транспортувальні механізми тощо. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС), затвержені наказом Держнаглядохоронпраці України від 09.01.1998 № 4[7], регламентують вимоги до обслуговування електроустановок напругою до 220 кВ включно і є обов'язковими для виконання всіма підприємствами, незалежно від форми власності чи відомчої підпорядкованості.

Відповідно до вимог цих Правил, керівник підприємства зобов'язаний:

- забезпечити належний технічний стан електроустановок та їх безпечну експлуатацію;
- призначити відповідальну особу, котра контролюватиме справний стан і безпечну експлуатацію електроустановок;

- розробити та затвердити Положення про енергетичну службу підприємства, а також посадові та виробничі інструкції з безпечного виконання робіт на електрообладнанні;

- працівники, які залучаються до обслуговування або експлуатації електроустановок, повинні проходити навчання, інструктажі та перевірку знань з електробезпеки, а також брати участь у регулярних технічних оглядах, випробуваннях і протиаварійних заходах;

- для мінімізації електротехнічних ризиків у виробничому процесі необхідно постійно вживати заходів з модернізації електрообладнання.

Освітлення

Недостатній або надмірний рівень освітленості, а також нерівномірний розподіл світла в полі зору викликає втоми очей, знижує зосередженість працівників, що підвищує ризик помилок і виробничого травматизму. Надмірна яскравість світильників або поява світлових відблисків може спричинити тимчасове засліплення, головний біль, зорове перенапруження та інші негативні фізіологічні реакції.

Освітлення в цеху встановлено відповідно до норм ДБН В.2.5-28:2018[8]:

- у цехах з виготовлення підпергаменту доцільно застосовувати комбіновану систему освітлення – загальне (рівномірне або локалізоване) у верхній зоні приміщення не нижче 2,5 м від підлоги, доповнене місцевим освітленням у зонах обслуговування обладнання або при виконанні точних операцій;

- для основних робочих місць встановлено норматив освітленості не нижче 300 лк (у приміщеннях із періодичною присутністю персоналу допускається рівень освітленості в межах 100–150 лк);

- рекомендується використовувати енергоефективні LED-світильники з температурою світла в межах 4000–5000 К, які забезпечують комфортне нейтрально-біле освітлення.

Шум і вібрації

У виробництві підпергаменту, де задіяно велику кількість високошвидкісного обладнання таких як сушильні агрегати, повздовжньо-різальні машини, транспортери, тощо – рівень шуму на робочих місцях часто перевищує природний фон, комфортний для людини (15–35 дБ). Постійний вплив підвищеного шумового навантаження негативно впливає на стан нервової системи, знижує концентрацію уваги та підвищує ризик професійних захворювань.

Згідно з нормами ДБН В.1.2-10:2021 та ДБН В.1.1-31:2023 до засобів індивідуального захисту від шуму належать так звані протишуми (антифони), які класифікують за способом використання:[6]

- беруші (внутрішні);
- навушники з ефективністю 16 ± 3 дБ (зовнішні).

Також обладнання на виробництві створює вібраційні навантаження, котрі негативно впливають на здоров'я працівників. Особливо небезпечними є вібрації з частотами в межах 6–9 Гц, оскільки вони збігаються з власними резонансними частотами людських внутрішніх органів, що значно підвищує шкідливий ефект при тривалому впливі.

Щоб мінімізувати ризики, пов'язані з впливом вібрацій, особливо під час роботи з ручними інструментами, обслуговування вібраційного устаткування або при переміщенні по віброуючих поверхнях, необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту:

- віброзахисні рукавиці або рукавички зі спеціальними віброгасними вставками в зоні долонь;
- спеціалізоване взуття з вібропоглинаючими підшвами, віброзахисні наколінники;
- віброгасні жилети, пояси та костюми, які знижують передачу механічних коливань через тулуб.

Проект цеху з виготовлення підпергаменту розроблено з урахуванням чинних вимог законодавства України у сфері охорони праці. Усі потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори зокрема пожежні ризики, ураження електричним струмом, освітлення, вібрація та шум – перебувають під постійним контролем і не перевищують допустимих норм. Комплекс впроваджених технічних і організаційних рішень дозволяє забезпечити безпечні та комфортні умови праці для персоналу, знижуючи ймовірність виникнення травматизму, аварійних ситуацій і професійних захворювань.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проєкту було розроблено технологічний потік для виробництва підпергаменту. Запропонована технологія базується на використанні невібіленої хвойної целюлози, що завдяки високій здатності до гідратації та фібрилювання дозволяє досягти необхідних показників жиростійкості, міцності та вологостійкості готової продукції.

У ході проєктування було визначено та обґрунтовано кількість та тип обладнання, зокрема застосування восьми здвоєних дискових млинів для досягнення заданого ступеня млива (78° ШР), багатоступеневу систему очищення волокнистої маси за допомогою центриклинерів, а також засоби для стабілізації параметрів потоку та уникнення анізотропії паперового полотна.

Результати розрахунків матеріального балансу підтвердили економічну доцільність і технологічну ефективність запропонованого процесу. Запропонований потік дозволяє виробляти підпергамент марки Б-50Б із заданими характеристиками у кількості $\approx 17\,077,5$ т/рік.

Таким чином, поставлена мета дипломного проєкту – створення ефективного та ресурсозберігаючого технологічного процесу виробництва підпергаменту – досягнута. Отримані результати можуть бути використані для подальшого впровадження у виробництво або вдосконалення наявних ліній паперового виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Плосконос В. Г., Галиш В. В. *ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ*. DSpace :: ELAKPI :: Репозитарій КПІ ім. Ігоря Сікорського. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/5ae1a15c-7ffc-45e1-a0b6-408b9ba9ab91/content>
2. Western Europe Glassine Paper Market Growth & Trends 2034. *Market Research and Consulting | Future Market Insights, Inc.*
URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/glassine-paper-industry-analysis-in-western-europe>
3. Плосконос В. Г., Примаков С. П., Черьопкіна Р. І. та ін. *Технологія паперу та картону: методичні вказівки до виконання розрахунків матеріального балансу води і волокна* / В. Г. Плосконос, С. П. Примаков, Р. І. Черьопкіна та ін. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 66 с.
4. Примаков С. П., Барбаш В. А. *Технологія паперу і картону: навчальний посібник для ВНЗ* / С. П. Примаков, В. А. Барбаш. – Київ : ЕКМО, 2008. – 425 с.
5. Технологія целюлозно-паперового виробництва. Практикум. Навчальний посібник. [Електронне мережне навчальне видання]: навч. пос. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації» спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології; укладачі: Р.І. Черьопкіна, І.М. Дейкун, І.В. Трембус – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 70 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53771>
6. Захист від шуму та вібрації: нормативна база і засоби безпеки. *Довідник спеціаліста з охорони праці*. URL: <https://pro-op.com.ua/article/1071-zasobi-zahistu-vd-shumu-vbrats>
7. Електробезпека Охорона праці. *Довідник спеціаліста з охорони праці*. URL: <https://pro-op.com.ua/article/745-elektrobezpeka#ancex0>
8. Про освітлення виробничих приміщень - Охорона праці і пожежна безпека. *Охорона праці і пожежна безпека*. URL: <https://oppb.com.ua/news/pro-osvitlennya-vyrobnychyh-prymishchen>
9. ПАПЕРОВІ ПАКУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.
URL: <https://knute.edu.ua/file/MjIxNw==/28c0e35a75df51d521f6cfbb34204885.pdf>.

