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 мішкового паперу»

Виконав:
студент IV курсу, групи ЛЦ-11
Склярова Анастасія Марківна _____

Керівник:
доц., к.т.н., Трембус І.В. _____

Консультант
Із розробки 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 проект студенту
Скляровій Анастасії Марківні

1. Тема проекту «Технологічний потік з виробництва туалетного паперу з первинного волокна»
   керівник проекту Трембус Ірина Віталіївна, к.т.н., доц

   затверджені наказом по університету від «20» травня 2025 р. № 1653-с

   Строк подання студентом проекту 11 червня 2025 р.
2. Вихідні дані до проекту: мішковий папір
3. Зміст пояснювальної записки. Обгрунтувати особливості виробництва крафт паперу, надати опис технологічної схеми, розрахувати матеріальний баланс витрат води та волокна, тепловий балан процессу контакного сушіння паперу, описати основні технологічні процеси, що відбуваються під час виробництва паперу, навести будівельну частину, охарактеризувати заходи щодо охорони праці на виробництві.
4. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) технологічна схема виробництва, план цеху, поздовжній розріз, поперечний розріз, зведений матеріальний баланс води та волокна.

5. Консультант розділів проекту.

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

6. Дата видачі завдання 19 травня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання	19.05.2025	
2	Проектування технологічної схеми	29.05.2025-4.06.2025	
3	Технологічна частина	05.06.2025-07.06.2025	
4	Розрахункова частина	08.06.2025-09.06.2025	
5	Оформлення графічної частини	08.06.2025-09.06.2025	
6	Будівельна частина	09.06.2025-11.06.2025	

Студентка _____ Анастасія СКЯРОВА

Керівник проекту _____ Ірина ТРЕМБУС

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Технологічний потік з виробництва мішкового паперу»

Київ – 2025 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	А4		Завдання на дипломний проект	2	
2	А4	ДП 9106. 00.003 ПЗ	Пояснювальна записка	76	
3	А1	ДП 9106. 01.003 ТК	Технологічна схема	1	
4	А1	ДП 9106. 02.003 ТК	План цеху	1	
5	А1	ДП 9106. 03.003 ТК	Поперечний розріз	1	
6	А1	ДП 9106. 04.003 ТК	Поздовжній розріз	1	
7	А1	ДП 9106. 04.003 ТК	Зведений матеріальний баланс	1	

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект: 77 стор., табл., 4 рис., 8 джерел., 1 додаток

Подано характеристику використовуваної сировини та описано вибір хімічних компонентів - «Сакоцелл 309», глинозем в етапі підготовки маси і крохмаль GROSIZE-200 для клеїльного пресу.

У схемі виробництва застосовано сучасний дисковий млин TwinFlo Prime для розмелювання, синтетичну формувальну сітку WePack PRIME, прес башмачного типу Tandem NipcoFlex.

У роботі наведено теоретичні основи процесів виробництва мішкового паперу та виконано розрахунки матеріального й теплового балансів.

Здійснено вибір основного технологічного обладнання. Приведено опис генерального плану підприємства, об'ємно-планувальне і конструктивне вирішення будівлі цеху.

ЦЕЛЮЛОЗА, GROSIZE-200, ГЛИНОЗЕМ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, TWINFLO, WEPACK PRIME, NIPCOFLEX, РОЗМЕЛЮВАННЯ, ПРОКЛЕЮВАННЯ, КАЛАНДРУВАННЯ, МІШКОВИЙ ПАПІР

					ДП 1110. 00. 000		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Склярова А.М			Технологічний потік з виробництва мішкового паперу	Літ.	Арк. 1 / Аркушів 6
Перевірив		Трембус.І.В					
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, гр. ЛЦ-11	
Н. Контр.							
Затв.		Трембус І.В					

ABSTRACT

Diploma project: 77 pages, 4 tables, 4 figures, 8 sources.

The characteristics of the raw materials used have been provided, along with the selection of chemical components — "Sakocell 309", alumina at the stock preparation stage, and GROSIZE-200 starch for the size press.

The production scheme includes the use of a modern TwinFlo Prime disc refiner for pulp refining, a synthetic forming fabric WePack PRIME, and a Tandem NipcoFlex shoe press.

The work presents the theoretical foundations of sack paper production processes and includes calculations of material and heat balances.

The main technological equipment is selected. The general plan of the enterprise is described, the volume-planning and constructive solution of the workshop building is provided.

CELLULOSE, GROSIZE-200, ALUMINA, TECHNOLOGICAL SCHEME, TWINFLO, WEPACK PRIME, NIPCOFLEX, GRINDING, SIZING, CALENDARIZING,SACKPAPER

ЗМІСТ

ЗМІСТ 8
ВСТУП 9
1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ 11
2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ 18
2.1 Характеристика сировини, хімікатів та мішкового паперу 18
2.2 Технологічна схема та її опис 20
2.3 Теоретичні відомості про основні технологічні процеси виробництва мішкового паперу 25
2.3.1 Розмелювання волокнистих напівфабрикатів……25
2.3.2 Проклеювання……...26
2.3.3 Каландрування…….....28
3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ 30
3.1 Блок-схема балансу води і волокна 30
3.2 Вихідні дані для виробництва матеріального балансу 31
3.3 Розрахунок матеріального балансу води і волокна 33
3.4 Результати зведеного балансу води і волокна..... 56
3.5 Тепловий баланс 58
4 ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ... 60
5. ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ 65
6 ОХОРОНА ПРАЦІ..... 66
6.1 Мікроклімат робочої зони…….....66
6.2 Освітлення робочої зони…….66
6.3 Шум та вібрації……....68
6.4 Електробезпека……69
6.5 Пожежна безпека……70
ВИСНОВКИ 72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 73

ВСТУП

З кожним роком цифрові технології невпинно прогресують, відкриваючи перед нами нові можливості та змінюючи світ навколо. Друковані видання та ділові документи переходять в електронний формат, що зменшує потребу в паперових носіях. Попри стрімку цифровізацію, виробництво мішкового паперу залишається важливим сектором промисловості.

Мішковий крафт-папір відіграє ключову роль у пакуванні та транспортуванні різноманітних товарів, від будівельних матеріалів до харчових продуктів. Його міцність, екологічність та здатність витримувати значні навантаження роблять його незамінним у багатьох галузях.

Згідно з аналітичними даними, обсяг світового ринку мішкового крафт-паперу у 2024 році становить 12,07 мільярда доларів США. Прогнозується, що до 2029 року цей ринок зросте до 14,57 мільярда доларів США. Це свідчить про зростаючий попит на мішковий крафт-папір у світовому масштабі та його актуальність на сьогодні. Це зумовлено кількома факторами, серед яких - суворіші екологічні регуляції та заборони на використання пластику, що стимулюють перехід до екологічно чистих пакувальних матеріалів [1].

На сьогоднішній день в Україні існує декілька підприємств, які займаються виробництвом мішкового паперу та продукції на його основі. Варто виділити наступні підприємства:

ТОВ «Єврокрафт» (м. Луцьк) - спеціалізується на виготовленні промислових багатошарових паперових мішків. Підприємство активно працює з вітчизняними та іноземними замовниками, використовуючи сучасне обладнання та технології, проте основна сировина (крафт-папір) часто імпортується.

ТОВ «Обухівміськвторресурси» (м. Обухів) - підприємство виготовляє мішковий крафт-папір різних марок, зокрема марки В, масою від 70 до 100 г/м². Використовує вторинну сировину для виробництва, що частково знижує собівартість продукції.

ТОВ «Промпостачсервіс» (м. Харків) - займається як виробництвом паперового пакування, так і виготовленням пакувального паперу.

ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» (м. Обухів, Київська обл.) - одне з найбільших підприємств паперової галузі в Східній Європі, яке має повний цикл виробництва.

Хоча основним напрямом діяльності ККПК є виготовлення тарного картону, гофропродукції, а також санітарно-гігієнічного паперу, комбінат має технологічну базу, що дозволяє виробляти різні види паперу, зокрема й пакувальні матеріали. ККПК активно модернізує обладнання та впроваджує екологічні технології, що може стати основою для розширення асортименту у напрямку виробництва мішкового паперу.

Попри наявність ряду підприємств, що здійснюють виробництво або переробку мішкового паперу, внутрішній ринок України залишається значною мірою залежним від імпортної сировини. Вітчизняні виробники не повністю задовольняють попит на ринку на мішковий папір, особливо в сегменті високоякісного паперу з первинної целюлози.

Таким чином, випуск даної продукції є актуальною технічною задачею і потребує як розвитку існуючих виробничих потужностей, так і впровадження нових технологій, які дозволять виготовляти папір з вищими показниками якості.

Тому темою дипломного проекту є розроблення технологічного потоку виробництва мішкового паперу марки М-78А продуктивністю 100 тис.т/рік, з метою забезпечення потреб у ньому власного ринку.

1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ

В якості сировини для виробництва мішкового паперу використовують сульфатну невибілену целюлозу нормального виходу (48 %), яку отримують із хвойних порід деревини. Середня маса 1 $м^2$ мішкового паперу становить від 50 до 80 г. Ступінь проклеювання такого типу паперу зазвичай підтримується на рівні 1,5 – 2,0 мм. Даний вид паперу виготовляється на папероробних машинах середньої швидкості наступних марок: Б-28, БП-45А та Б-45. Під час виробництва мішкового паперу нормується відносне подовження при розтягуванні, яке становить 2,7 – 3,9 %. Повітропроникність такого паперу становить 150 – 660 $см^3$ /хв, а опір роздиранню в машинному напрямку, відповідно 670 – 850 мН [2]. Для кращого дотримання вказаних показників якості пропонується включити в технологію виробництва мішкового паперу наведені нижче конструктивні рішення.

Для отримання високої міцності паперу на розрив і розтяг під час підготовки волокнистої маси використовують механічну обробку довгого волокна, такого як хвойна целюлоза з високим вмістом саме довгих волокон. У зв'язку з цим, виправданим є застосування сучасного низькошвидкісного дискового млина **ANDRITZ TwinFlo Prime** (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Дисковий млин марки TwinFlo Prime LC [3]

Дисковий млин **TwinFlo Prime** являє собою покращену версію відомої моделі TwinFlo, яка вже довела свою ефективність у світовій промисловості з виготовлення паперової продукції. Головна відмінність від діючих на сьогодні млинів полягає у міцному з'єднанні роторного диска з валом. Це конструктивне рішення усуває проблеми з нестабільністю зазору між дисками, які могли виникати через накопичення сторонніх речовин у напрямних зазорах [3].

Завдяки цьому стало можливим використання гідродинамічного підшипника з водяним змащенням. Така система не потребує використання мастильних матеріалів і, відповідно, знижує ймовірність забруднення волокнистої маси що обробляється (рис. 1.2 -1.3).

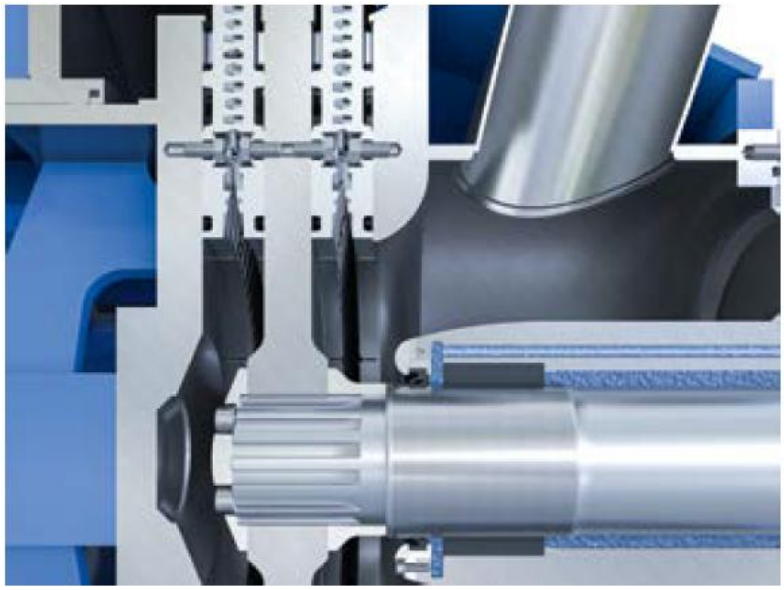


Рисунок 1.2 - Пряме з'єднання між диском ротора та валом [3]

Використання млина типу TwinFlo Prime забезпечує низку переваг:

✓ *оптимальна енергоефективність* - допустима встановлена потужність збільшена на 25% без перевантаження конструкції в порівнянні з млинами TwinFlo;

✓ *компактність* - загальна довжина млина зменшена приблизно на 30%, що полегшує процес встановлення та обслуговування;

✓ *рівномірний розподіл маси* - отвори в роторі збільшені на 70%, що забезпечує стабільний двобічний потік суспензії;

✓ *подовжений строк служби дисків* - завдяки стабільній роботі без перекосів та зниженому зносу;

✓ *спрощене обслуговування* - підшипниковий вузол і ущільнення мають картриджну конструкцію, що дозволяє його заміну без демонтажу всього млина.

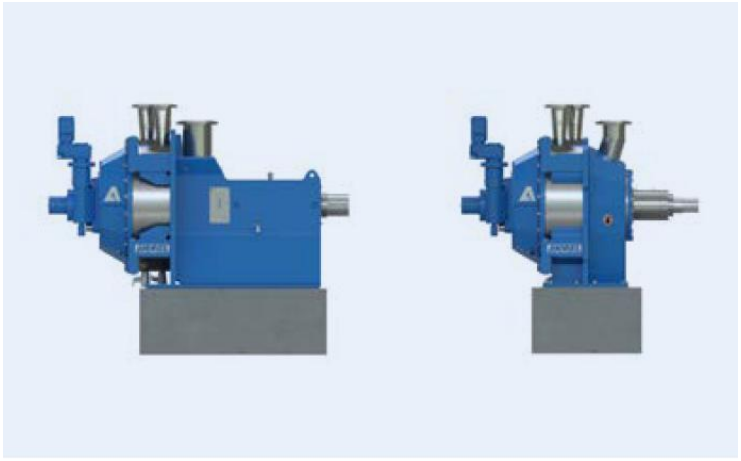


Рисунок 1.3 - Порівняння розмірів TwinFlo (ліворуч) та TwinFlo Prime (праворуч) [3]

TwinFlo Prime забезпечує стабільну якість підготовки маси при менших енерговитратах, що є особливо актуальним для високопродуктивного виробництва мішкового паперу. Завдяки вдосконаленій конструкції, млин добре адаптований до роботи з довговолокнистою сировиною та витримує підвищені навантаження, що робить його ефективним і надійним рішенням для сучасного виробництва.

Для формуючої частини було обрано синтетичну сітку нового покоління WePack PRIME від компанії ANDRITZ Kufferath, спеціально розроблену для пакувальних сортів паперу, включаючи і мішковий папір (рис. 1.4).

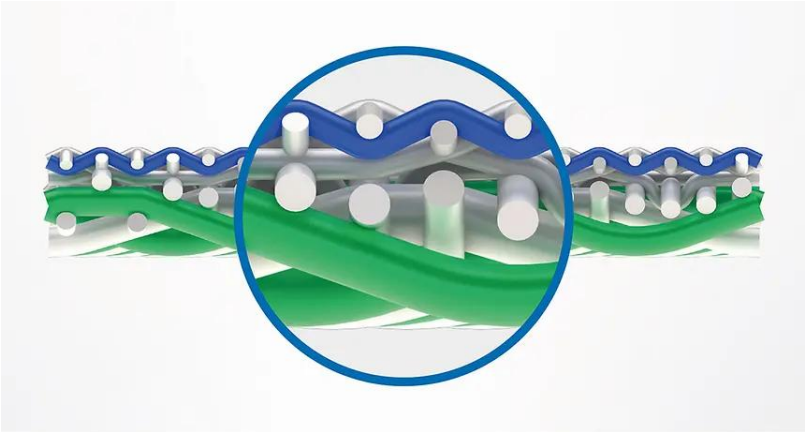


Рисунок 1.4 - Синтетична сітка WePrint від ANDRITZ Kufferrath [4]

Використання запропонованої сітки має низку переваг:

✓ завдяки оптимізованій структурі забезпечується ефективне зневоднення, що підвищує сухість паперового полотна перед пресовою частиною;

✓ сітка виготовлена з високоміцного синтетичного матеріалу (переважно поліестеру), що забезпечує тривалий строк служби навіть в умовах інтенсивного зношування;

✓ створює однорідну текстуру паперу без дефектів, що особливо важливо для мішкового паперу, який повинен мати високі механічні властивості.

Впровадження преса башмачного типу Tandem Nipco Flex від компанії Voith у процес виробництва мішкового крафт-паперу є технічно обґрунтованим рішенням, що дозволяє значно підвищити ефективність процесу зневоднення паперового полотна в пресовій частині. Пресова система NipcoFlex (рис. 1.5) забезпечує високу сухість паперу вже після пресової частини до 55 %, що критично важливо для міцного крафт-паперу, який повинен відповідати стандартам щодо показників міцності на розрив, прокол та розрив у вологому стані.

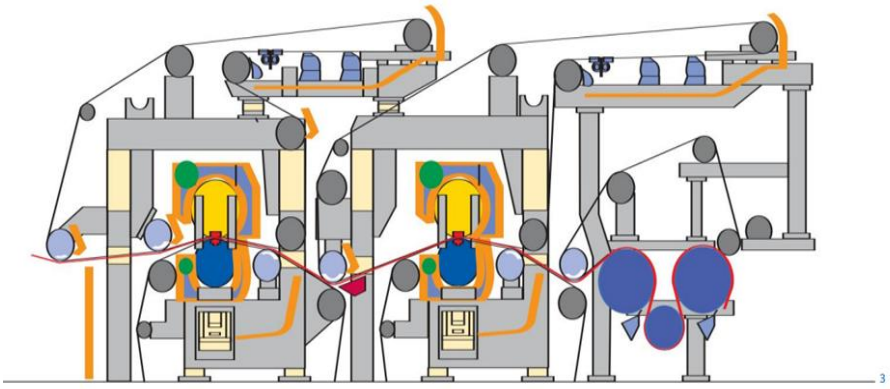


Рисунок 1.5 – Схема преса башмачного типу Tandem NipcoFlex від компанії Voith [5].

Особливістю конструкції є комбінація гнучкої пресової гільзи QualiFlex виготовленої з поліуретану та нержавіючого валу, яка забезпечує рівномірний розподіл навантаження та мінімізацію пікового тиску. Завдяки цьому полотно піддається більш м'якому, проте ефективному зневодненню. Крім того, прес має тривалий імпульс тиску, а саме поєднання високого тиску та тривалості перебування паперу в зоні контакту, що забезпечує максимальне зневоднення навіть за високих швидкостей виробництва продукції (рис. 1.6).

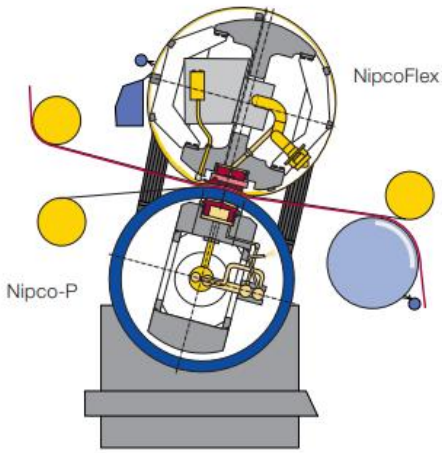


Рисунок 1.6 – Структура преса Tandem NipcoFlex [5].

Прес NipcoFlex дозволяє покращити внутрішню структуру волокон паперу, зменшуючи нерівномірність вологості та забезпечуючи оптимальну мікроструктуру полотна для подальшого сушіння. Це сприяє стабільному досягненню показників якості. Також дана конструкція дозволяє знизити

витрати на енергію за рахунок зменшення навантаження на сушильну частину машини, підвищуючи загальну ефективність виробництва. Завдяки компактності, простоті в обслуговуванні і стабільності роботи, NipcoFlex є доцільним вибором для підприємств, що прагнуть підвищити якість та конкурентоспроможність своєї продукції у сфері крафт-пакування.

Для підвищення ефективності проклеювання та покращення показників якості мішкового паперу доцільно використовувати сучасний проклеюючий засіб «Сакоцелл 309». Завдяки стабільному розміру частинок у 1,0 мкм, він забезпечує рівномірний розподіл речовини в паперовій масі, що гарантує однорідність процесу проклеювання.

Для досягнення оптимального проклеювання мішкового паперу, що не містить деревної маси, рекомендується додавати 0,5–1,0% глинозему. Глинозем діє як коагулянт, сприяючи ефективному закріпленню частинок проклеювального реагента на волокнах.

Запровадження «Сакоцелл 309» у процес проклеювання у виробництві мішкового паперу забезпечить значні покращення в технології:

- ✓ підвищення вологостійкості готової продукції, що критично важливо для мішкового паперу, особливо в умовах вологого зберігання або транспортування;
- ✓ висока ефективність реагенту дозволяє досягти бажаного результату навіть при низьких дозуваннях;
- ✓ зниження ймовірності піноутворення та забруднення обладнання, оскільки «Сакоцелл 309» має стабільну композицію і не схильний до коагуляції за нормальних значень pH та температури, що мінімізує проблеми з піною та підтримує чистоту обладнання.

Впровадження GROSIZE-200 у процес поверхневої проклейки на клеїльному пресі для покращення якості мішкового паперу, зокрема підвищення його міцності, вологостійкості та стабільності при зберіганні й експлуатації.

GROSIZE-200 — це модифікований окислений крохмаль (табл. 1.1.), що добре підходить для нанесення на поверхню паперу на стадії клеїльного преса. Його використання сприяє створенню захисного шару, який зменшує проникнення вологи, покращує структуру поверхні, а також зміцнює волокнисту сітку паперу [13].

Таблиця 1.1 - Характеристика GROSIZE-200

Параметри	**Значення**
Колір/Форма	Від білого до брудно-білого порошку
Вологість	≤ 12,0 %
Зольність	≤ 3,0 %
В’язкість 10% розчину (приготованого: за 90°С та перевіреної за 50°С),	25–35
Яскравість, %	≥ 85,0 %
pH 10% розчину	5,50–6,50

2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ

2.1 Характеристика сировини, хімікатів та мішкового паперу

Нормативними документами передбачено виготовлення непросоченого мішкового паперу марки М-78А, в якості сировини для якого використовується сульфатна невибілена хвойна целюлоза. В залежності від сфери застосування та вимог до якості, вона випускається наступних марок: НС-1, НС-2 та НС-3.

НС-1 - призначена для високоміцних технічних та пакувальних видів паперу: для мішкового паперу, світлонепроникного паперу та інших видів. Целюлоза марки НС-1 має відповідати наступним показникам якості:

- ступінь делігніфікації 24 – 32 од. Каппа;
- розривна довжина, не менше 9100 м;
- абсолютний опір продавлюванню, не менше 470 кПа;
- абсолютний опір роздиранню, не менше 830 мН;
- засміченість, не більше (смітинок площею більше 0,1 до 1,0 мм² включно) 2200 шт
- вологість, не більше 23%

Пропонується використовувати целюлозу марки НС-1 для виробництва мішкового паперу марки М-78А.

«Сакоцелл 309» являє собою білу дисперсію. Вона містить 30 ± 1% сухих речовин від загальної маси, а розмір частинок становить 1,0 мкм. В'язкість продукту за температури 20 °С дорівнює 5 мПа/с, а його щільність за тієї ж температури становить 1030 кг/м³. Показник pH розчину «Сакоцелл 309» знаходиться в діапазоні від 6,1 до 6,7.

Для забезпечення стабільного проклеювання з використанням «Сакоцелл 309» необхідні від 0,5 до 1,0 % глинозему марки А 1-й сорт.

Технічний сульфат алюмінію виробляється для водоочищення, а також може застосовується в паперовій промисловості.

Марка А, 1-й сорт: масова частка Al_2O_3, не менше 16%, масова частка нерозчинного у воді залишку, не більше 0,3%, масова частка заліза не більше

0,02%, масова частка вільної сірчаної кислоти, % не нормується та масова частка миш'яку не більше 0,001%.

Виробництво непросоченого мішкового паперу марки М-78А, призначений для виготовлення мішків різних типів і марок, здійснюється відповідно нормативних документів. В дипломному проекті передбачено випуск саме цієї марки паперу, показники якості якого наведено в табл. 2.1 (згідно з вимогами ДСТУ 7796 : 2015) [6].

Таблиця 2.1 – Норми показників якості мішкового паперу марки М-78

Найменування показника	Норма для марки М-78А
Маса паперу площею 1 м², г	78
Маса покриття площею 1 м², г	-
Руйнівне зусилля в поперечному напрямку, Н, не менше: В сухому стані У вологому стані	 4,5 -
Відносне видовження при розтягуванні, %, не менше:	
В поперечному напрямку	3,9
В машинному напрямку	-
Абсолютний опір роздиранню у машинному напрямку, мН, не менше	850
Повітропроникність, см³/хв	200-600
Поверхнева вбирність води при односторонньому змочуванні (Коббб$_{60}$) сіткової сторони, г, не більше	27
Вологість, %	7-11

Колір може бути натуральним бурим або білим. Бурий колір свідчить про використання невибіленої сировини, підкреслюючи екологічність продукту. Білий крафт-папір виготовляється з частково вибіленої макулатури або первинної целюлози [7].

Поверхня буває гладкою або з легким тисненням, що робить матеріал придатним для друку та ламінування.

2.2 Технологічна схема та її опис

Виробництво мішкового паперу здійснюється на папероробній машині БП-45А. Як основна сировина використовується 100% сульфатна невибілена целюлоза марки НС-1 з хвойних порід деревини.

Хвойна целюлоза подається зі складу сировини в гідророзбивач (1) за допомогою транспортера. Гідророзбивач працює безперервно, підтримуючи рівномірну концентрацію 3,5% волокнистої маси. Для розпуску целюлози додається регістрова вода. Розпущена на волокна маса далі подається відцентровим насосом до басейну розпущеної маси (2). Целюлоза розмелюється на здвоєнних однодискових млинах (3). Процес відбувається в три ступені одним потоком, доводячи ступінь млива до 40 – 42 °ШР. При цьому початковий ступінь млива целюлози становить 14 – 15 °ШР, а приріст на кожному млині складає 8 – 10 °ШР.

Потім маса надходить у композиційний басейн (4), куди також подаються обіговий брак у кількості 6% та «Сакоцелл 309» у кількості 0,3-0,6%, а потім перекачується за допомогою насоса (5) до машинного басейну (6). У насос також подається глинозем, який необхідний для ефективного закріплення каніфольного клею на волокнах. З машинного басейну маса далі надходить до бака постійного рівня (7) за допомогою відцентрового насоса.

Для досягнення високої якості паперового полотна, покращення його формування та ефективного очищення маси перед подачею на папероробну машину, у змішувальному насосі №2 (9.2) масу розбавляють регістровою водою до концентрації 0,7304 %. Перед формуванням паперового полотна розбавлена маса проходить очищення для видалення забруднень, що утворилися в процесі її підготовки. Серед таких домішок - мінеральні включення, зокрема залишки піску, металеві частинки та інші дрібні включення нерослинного походження.

Маса надходить на перший ступінь очищення до центриклнера (8) під тиском 0,2–0,25 МПа. Під впливом відцентрової сили, важкі домішки відкидаються до стінок корпусу, осідають униз і видаляються через жолоб для важких включень. Відходи, зібрані на цьому етапі, надходять у закритий колектор. Після розбавлення обіговою водою до концентрації 0,7%, вони направляються на другий ступінь очищення. Очищена маса з другого ступеня очищення повертається на перший ступінь для повторної обробки. Відходи, що утворюються на другому ступені, збираються в жолобі (№2) і направляються на третій ступінь очищення. Відходи з третього ступеня видаляються, а очищена маса знову повертається на другий ступінь очищення. Далі, маса з концентрацією 0,7% подається на змішувальний насос №1 (9.1), де її розбавляють регістровою водою до концентрації 0,6515% , готуючи до стадії грубого очищення.

Далі маса надходить на селектифайєр (вузлоуловлювач закритого типу) (10), для видалення волокнистих забруднень, такі як вузли, пучки волокон, згустки та частинки бруду. Маса подається у верхню частину апарата під тиском через тангенціальний штуцер. Завдяки тиску та роботі лопатей ротора, очищена маса проходить крізь сито і виводиться з апарата через загальний штуцер. Очищена від волокнистих домішок маса після селектифайєра надходить у напірний ящик турбулентного типу (12). Тим часом, відходи, які не пройшли через сито, осідають у нижній частині апарата і далі направляються на вібраційну сортувалку (11). З вібраційної сортувалки освітлена вода подається до басейну регістрових вод (34*)*. Включення, що затрималися на сітці, транспортуються до цеху виробництва картону. Після цього очищена маса готова до відливання на сітці папероробної машини.

Формування паперового полотна починається на плоскосітковому формувальному пристрої. Він складається з грудного вала (13) та формувальної дошки (14), де відбувається первинне, м'яке зневоднення маси. Далі полотно проходить подальше зневоднення: спочатку на гідропланках (15),

а потім на відсмоктувальних ящиках (16). Після цього воно надходить на гауч-вал (17), проходження через який доводить рівень сухості полотна до 24%.

Для подальшого зневоднення паперове полотно передається у пресову частину за допомогою вакуум-пересмоктувального пристрою (18). Пресова частина папероробної машини обладнана сучасним пресом типу Tandem NipcoFlex. Цей прес забезпечує високоефективне зневоднення завдяки двом послідовно розташованим зонам пресування (19), (20), що використовують башмачну технологію. Встановлення цього обладнання забезпечує поліпшення процесу зневоднення паперового полотна, оскільки воно дозволяє видаляти значний обсяг води навіть при застосуванні відносно низького тиску пресування. У результаті сухість після пресової частини досягає 50 %, після чого паперове полотно надходить до сушильної частини.

У сушильній частині сушіння паперового полотна здійснюється за допомогою сушильних циліндрів до сухості 96% (21). Сушильна частина папероробної машини обладнана 56 сушильними циліндрами, розподіленими на 7 секцій (по 8 у кожній), а також двома холодильними циліндрами (23). Останні відіграють ключову роль у вирівнюванні вологості паперового полотна, що сприятливо впливає на його фізико-механічні характеристики. Між п’ятою та шостою секціями сушильних циліндрів встановлений клеїльний прес (22), який забезпечує поверхневе проклеювання паперу шляхом нанесення на окисленого крохмалю GROSIZE-200. Це покриття підвищує міцність паперу на розрив, а також покращує його водостійкість. Після нанесення клеючого шару папір додатково підсушується в останніх секціях сушильної частини.

Після сушіння папір проходить через шестивальний каландр (24), потім подається на накат (25), а після отриманий папір поступає на поздовжньо-різальний верстат (26) і звідти транспортується безпосередньо на склад готової продукції.

Мокрий брак, що надходить із гауч-мішалки (32) з концентрацією 0,8%, безперервно транспортується до шаберного згущувача (30), де відбувається

згущення до 3,5%. Згущена маса потім надходить до басейну обігового браку (31). Брак, що утворюється під час роботи пресової частини, також спрямовується в гауч-мішалку. З басейну обігового браку брак подається далі в композиційний басейн (4).

Для переробки сухого машинного браку, що утворюється на етапах сушіння та подальшої обробки паперу, задіяний гідророзбивач сухого браку (27). Розпуск сухого браку відбувається за допомогою регістрової води, яка надходить з басейну регістрових вод (35). Потім маса поступає в басенй розпущеної маси (28), а далі направляється в пульсаційний млин (29) для додаткової обробки, а звідти повертається до басейну обігового браку.

Регістрові води (концентрація волокна 0,1827%) відіграють ключову роль у циклі виробництва паперу, вони використовуються для:

- розпуску у гідророзбивачі хвойної целюлози;
- розбавлення маси у змішувальних насосах №1 та №2;
- переробки обігового браку.

Вода, зібрана з гауч-вала, відсмоктувальних ящиків та під час промивання сітки, направляється в жолоби №1 та №2 батареї центриклінерів. Надлишкові води, разом із регістровою водою, подаються на етап прояснення води, після чого скеровуються на очисні споруди.

Очищена вода після дискового фільтра (33) з вмістом волокна 0,001% подається до басейну освітлених вод (34), а скоп концентрацією 3,5% направляється в басейн обігового браку.

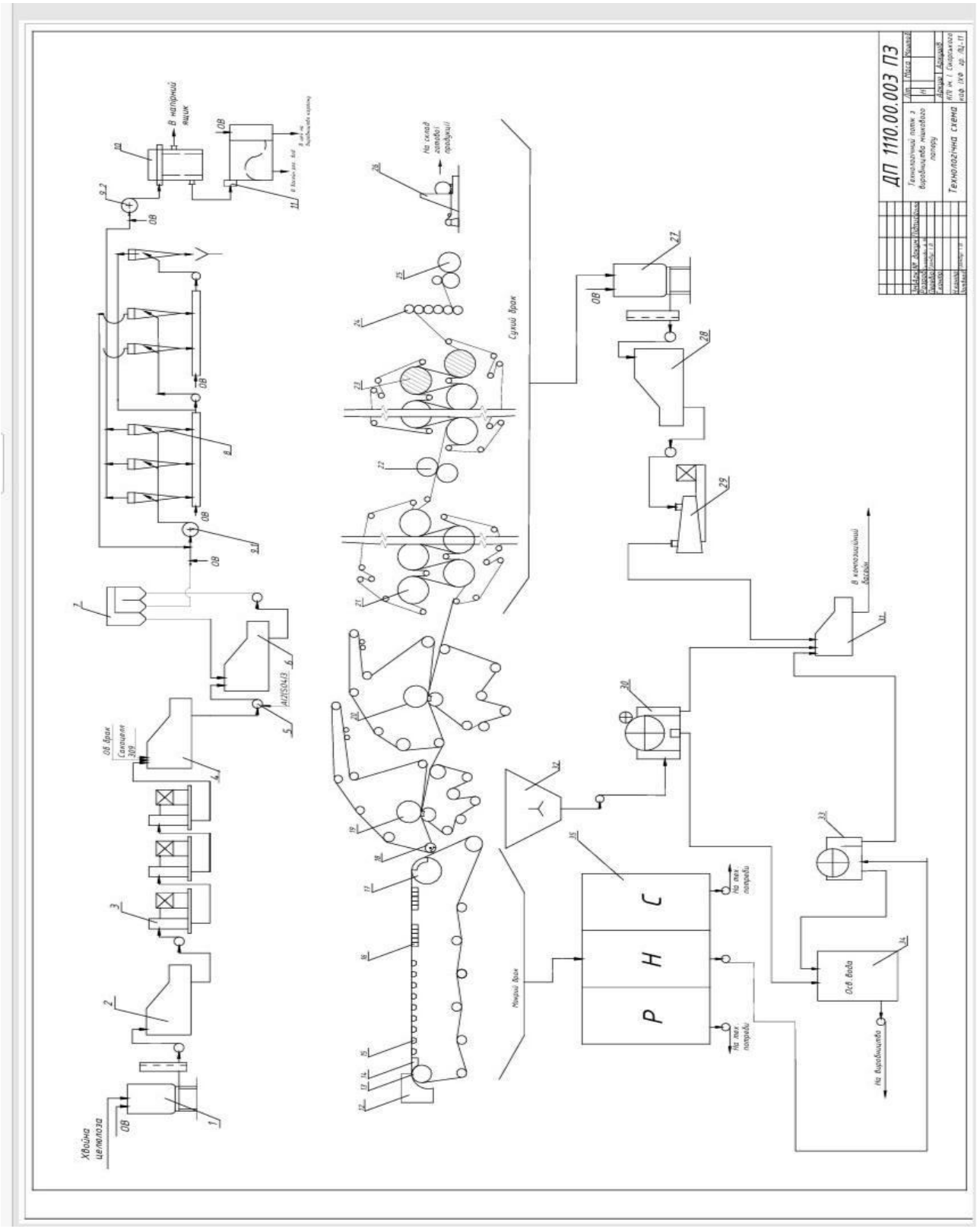


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва мішкового паперу

2.3 Теоретичні відомості про основні технологічні процеси виробництва мішкового паперу

2.3.1 Розмелювання волокнистих напівфабрикатів

Розмелювання целюлозних волокон — це механічна обробка, спрямована на покращення їхніх оптимальних властивостей для паперового виробництва.

Розмелювання підвищує міцність зв'язків між волокнами, збільшує їх площу поверхні та робить волокн гнучкішими. Це забезпечує більш щільну структуру полотна. Однак під час розмелювання окремі волокна слабшають і стають коротшими через ріжучу дію. У випадку з дуже довгими волокнами деяких видів, ця ріжуча дія покращує формування полотна на папероробній машині, але в більшості випадків це небажаний ефект (навіть якщо формування дещо покращується).

М'яка дія при розмелюванні (наприклад, шляхом зменшення ширини планок або канавок, тим самим збільшуючи кількість планок) призводить до підвищення міцності для волокон.

Під час розмелювання целюлози волокна стають більш гнучкими, завдяки чому папір виходить щільнішим. Щоб змінити структуру волокон, на них діють механічними та гідравлічними силами.

Розмелювання виконує низку важливих функцій, які суттєво змінюють морфологічну структуру та фізико-механічні властивості целюлозних волокон. Однією з ключових дій цього процесу є проникнення води в клітинну стінку волокна. Відбувається часткове руйнування зовнішніх шарів клітинної стінки — первинного шару (Р) і шару S_1. Вода легше проникає до гідрофільного шару S_2. У результаті волокна значно ефективніше поглинають вологу, стають гнучкішими та краще формуються в аркуш.

На ефективність розмелювання впливають як властивості сировини, так і параметри технологічного процесу:

Тип целюлозної маси. Наприклад, волокна з низьким вмістом лігніну та високим вмістом геміцелюлоз значно легше розмелюються, швидше досягають необхідної міцності.

При Підвищення температури та pH зменшуються витрати енергії на розмелювання. Якщо ж процес ведеться при низькому pH, волокна стають жорсткішими. Це сприяє утворенню щільного, пружного полотна, що добре працює на високих швидкостях у папероробній машині.

Крім того, ефективність розмелювання залежить від налаштувань обладнання: швидкість обертання дисків, відстань між ними й тип гарнітури

Сучасні розмелювачі дозволяють здійснювати обробку при високій концентрації маси. Це забезпечує ефективнішу фібриляцію при мінімальному обрізанні волокон. Проте надто висока консистенція може спричинити скручування волокон

2.3.2 Проклеювання

Внутрішнє проклеювання, за умови успішного виконання, уповільнює швидкість проникнення рідини крізь капіляри, що утворюються як усередині, так і між волокнами.

Додавання гідрофобних хімікатів у вологу волокнисту суспензію (внутрішнє проклеювання) вперше було впроваджено на початку XIX століття з використанням омиленої каніфолі у поєднанні з сульфатом алюмінію. Сульфат алюмінію утворює кислий розчин з pH, як правило, близько 4-5. Папір проклеювався за цим процесом понад 150 років, аж до початку 1970-х років, коли відбулася наступна важлива зміна в технології внутрішнього проклеювання. Це було викликано необхідністю проклеювати папір при нейтральному або слаболужному pH [9].

Поступовий перехід на нейтральне середовище у виробництві паперу став можливим завдяки появі доступного й якісного наповнювача — карбонату кальцію. Ця речовина не працює в кислих умовах, тому з часом виробники почали переходити на нейтральний pH. Пізніше з’явився осаджений карбонат

кальцію — його можна виготовляти прямо на підприємстві, і він має кращі властивості.

Ще один фактор, який прискорив цей перехід — збільшення обсягів використання макулатури, яка часто вже містить карбонат. Це особливо вплинуло на європейських виробників. Нейтральне середовище дало чимало переваг: зниження енергоспоживання, покращення довговічності паперу, зменшення корозії обладнання та вища міцність полотна через краще набухання волокон.

Внутрішнє проклеювання відбувається в кілька етапів. Спочатку речовина, яку додають для зменшення водопоглинання, має закріпитися на волокнах. Це стається завдяки тому, що клей (як правило, з позитивним зарядом) притягується до волокон, які мають негативний заряд. У цьому процесі важливу роль відіграє сульфат алюмінію — він допомагає утримати частинки проклеювача на місці.

Далі, коли вже формується паперове полотно і воно починається процес сушіння, клей рівномірно розподіляється по поверхні волокон. Залежно від того, яка саме речовина використовується, вона або утворює хімічні зв’язки з целюлозою (як у випадку з AKD чи ASA), або просто створює захисний шар через фізико-хімічну взаємодію.

У виробництві результат залежить від багатьох умов — температури, pH середовища, складу маси, наявності наповнювачів тощо. Наприклад, системи на основі каніфолі працюють добре тільки в кислому середовищі (pH 4–5), бо тільки тоді можливе повноцінне з’єднання з сульфатом алюмінію. У нейтральних або лужних умовах цей механізм уже не працює так, як треба, тому проклеювання стає менш ефективним.

Натомість алкілкетендімери (AKD) та алкенілбурштинові ангідриди (ASA) дозволяють працювати за нейтрального або слабколужного pH.

ASA швидко вступає у реакцію з волокнами без необхідності сушіння, але вкрай нестійкий у водному середовищі й швидко гідролізується. AKD, навпаки, є стабільним у воді, проте потребує високої температури для активації

хімічної реакції. Щоб краще закріпити ці речовини на волокнах, у паперову масу додають катіонні полімери — найчастіше це крохмаль. Завдяки цьому утворюється стабільна емульсія, яка рівномірно розподіляє проклеювач по волокнах [9].

2.3.3 Каландрування

Для більшості видів паперу каландрування є завершальним етапом виробничого процесу. Ця операція призначена для зменшення товщини та шорсткості паперу шляхом пресування полотна між валами в одній або кількох зонах затиснення.

Під час проходження полотна через контактну зону між двома гладкими валами, поверхня аркуша піддається сильному стисненню. Це спричиняє пластичну деформацію верхніх волокон, внаслідок чого згладжуються нерівності, зменшується шорсткість і підвищується гладкість поверхні. Одночасно волокна у внутрішніх шарах полотна також деформуються, що веде до зменшення загальної товщини та збільшення щільності матеріалу.[10]

Якість кінцевого продукту суттєво залежить від низки факторів, які впливають на ефективність каландрування. До основних з них належать:

*Тип каландра***.** У сучасному виробництві паперу застосовуються жорсткі та м’які каландри. У м’яких каландрах застосовується еластичне покриття одного з валів, що дозволяє краще адаптувати тиск до неоднорідностей паперу. Такі каландри працюють з вищими навантаженнями, швидкостями та температурами без руйнування покриття валу, що робить їх ефективними при виробництві друкарських сортів паперу. Жорсткі каландри забезпечують кращу однорідність товщини в поперечному напрямку, але спричиняють нерівномірність щільності.

Зі збільшенням навантаження покращується гладкість та зменшується товщина паперу. Однак надмірне навантаження може спричинити пошкодження волокон і утворення дефектів, зокрема в зонах локальної високої щільності.

Швидкість руху полотна визначає час перебування паперу в зоні контакту. При підвищених швидкостях цей час зменшується, що може знижувати ефективність ущільнення й вирівнювання поверхні.

Температура є одним із ключових технологічних параметрів каландрування. З підвищенням температури полотна, що каландрується, зростає пластичність волокон, що сприяє кращому вирівнюванню поверхні аркуша без надмірного ущільнення [10].

У сучасній практиці все частіше застосовується підігрів каландрових валів до температури 180–200 °C, що дозволяє зменшити кількість валів у каландрі та знизити механічне навантаження на папір при збереженні високої якості поверхні.

Однак при роботі швидкохідних папероробних машин каландрові вали можуть самостійно нагріватися до високих температур. У таких випадках для запобігання пересушуванню полотна та виникненню дефектів поверхні необхідно передбачити систему охолодження валів.

Каландрування, хоча й відіграє ключову роль у поліпшенні поверхневих властивостей паперу, може спричинити низку технологічних дефектів за неналежного регулювання параметрів процесу або недостатньої однорідності полотна [10].

Каландрові пухирі утворюються, коли повітря потрапляє між паперовим полотном і валом у зоні затиснення. Причиною може бути низький натяг полотна, нерівномірна пористість або вологість паперу, а також локальні зони зниженої міцності у поперечному напрямку полотна.

Нерівномірність товщини - такий дефект особливо помітний при використанні м'яких валів, де еластичне покриття менш точно розподіляє тиск. Виникає через нерівномірне прогрівання валів, відсутність ефективної системи контролю поперечного профілю тиску, а також через неоднорідну структура самого паперового полотна. Мікротріщини та руйнування волокон утворюються при надмірному тиску або високій температу. В результаті знижується загальна міцність паперу [10].

3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ

3.1 Блок-схема балансу води і волокна

На рис. 3.1 наведено блок-схему для розрахунку матеріального балансу води і волокна для виробництва мішкового паперу.

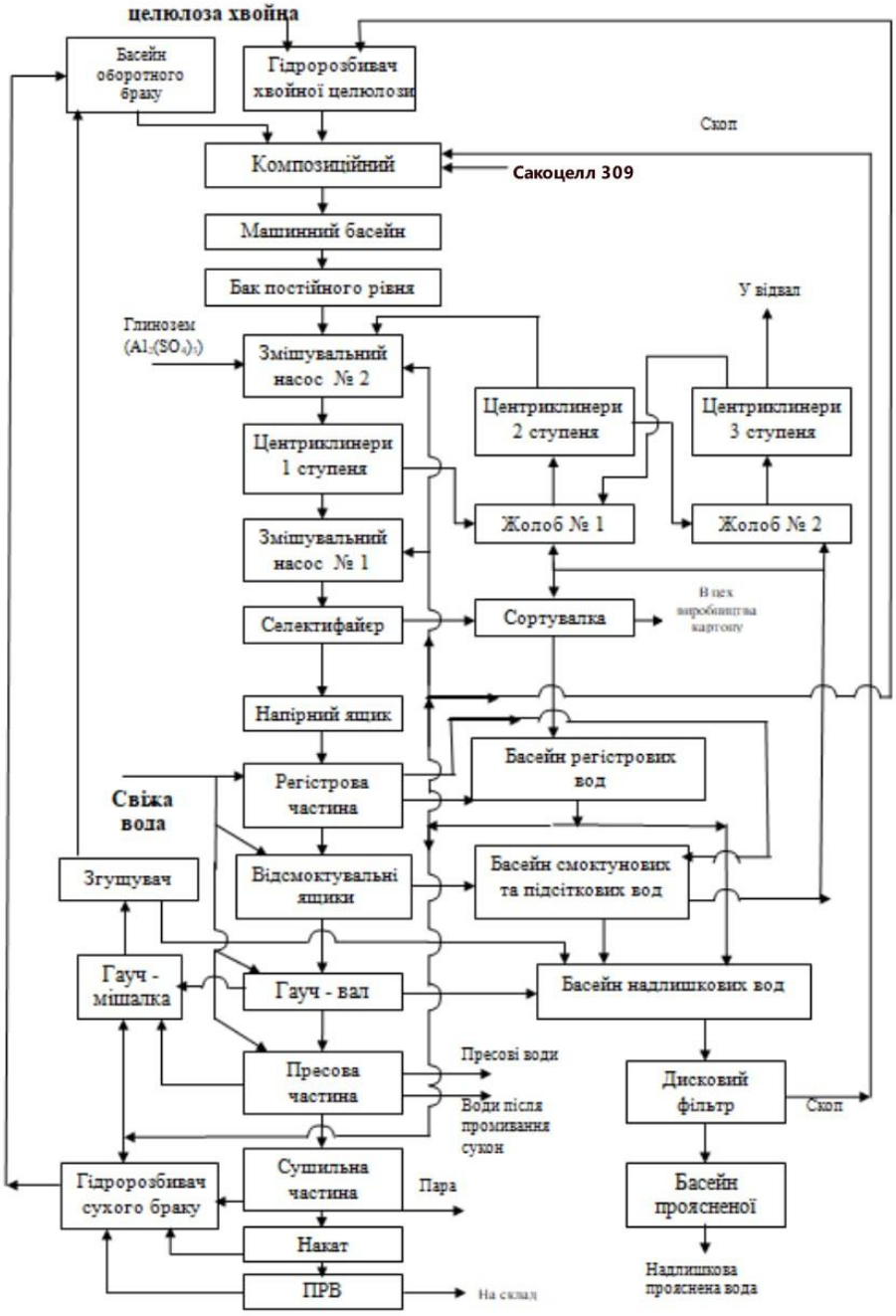


Рисунок 3.1 – Блок-схема виробництва мішкового паперу

3.2 Вихідні дані для виробництва матеріального балансу

В табл. 3.1 наведено вихідні дані для розрахунку матеріального балансу води і волокна.

Таблиця 3.1. – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу води і волокна виробництва мішкового паперу

Найменування статей	Вихідні дані	
	Джерело [1]	Прийнято до розрахунку
1. Концентрація маси на різних стадіях виробництва, %		
На накаті	94,0	96,0
Після пресів	42,0	50,0
Після гауч-вала	20,0	24,0
Після відсмоктувальних ящиків	10,0	18,0
Після регістрової частини	2,8	4
В напірному ящику	0,5	0,65
В баці постійного рівня	3,2	3,50
В композиційному басейні	3,2	3,50
В машинному басейні	3,2	3,50
В басейні оборотного браку	3,2	3,50
Скоп після дискового фільтру	3,2	3,50
Згущувач	3,2	3,50
Гідророзбивач сухого браку	3,2	3,50
Гідророзбивач хвойної целюлози	3,2	3,50
Гідророзбивач листяної целюлози	3,2	3,50
Гауч-мішалка	1,0	0,80
Басейн оборотного браку	3,2	3,50
Після селектифайера	0,55	0,65
Після змішувального насоса №1	0,60	0,6515
Після змішувального насоса №2	0,65	0,7304
Після центриклинерів 1 ступеня	0,63	0,70
Після центриклинерів 2 ступеня	0,40	0,40
2. Концентрація відхідних вод, %		
Регістрова вода	0,18	0,18
Підсіткові води	0,003	0,0050
Відсмоктувальних ящиків	0,10	0,10
Пресові води	0,10	0,10
Від промивання сітки	0,005	0,0040

Від промивання сукон	0,0012	0,0010
Прояснених вод після дискового фільтра	0,0015	0,0010
Від плоскої сортувалки	0,60	0,360
Згущувача	0,05	0,04
1. Витрата свіжої та надлишкової води, л/т паперу		
Свіжа вода на промивання сіток	10000,0	10000,0
Свіжа вода на спорски і відсічки відсмоктувальних ящиків	6000,0	6150,0
Свіжа вода на промивання сукон	5000,0	4200,0
Свіжа вода на відсічки на гауч-валі	2000,0	2500,0
Надлишкова вода на сортувалку	350,0	850,0
4. Витрата хімікатів, л/т паперу		
5. Кількість браку , % від маси паперу		
В процесі оброблення паперу	2,0	1,0
На накаті	3,0	1,5
В процесі сушіння паперу	2,0	1,0
Мокрий брак	3,0	1,5
Після гауч-валу	2,0	1
1. Композиція паперу, %		
Целюлоза хвойна невибілена	100	100
2. Концентрація відходів сортування, %		
Відходи селектифайера	1,4	0,80
Центриклинерів 1 ступеня	1,2	1,20
Центриклинерів 2 ступеня	0,75	0,70
Центриклинерів 3 ступеня	0,60	0,67
Відходи плоскої сортувалки	2,0	4,00
Відходи відділу підготовки макулатурної маси		5,00
3. Сухість початкових напівфабрикатів %		
Целюлоза хвойна не вибілена	88,0	88,0
4. Кількість відходів сортування, % (кг/т)		
Цетриклинери I ступеня	4,5 %	5,00%
Цетриклинери 3 ступеня	1,0 кг	1,10 кг
Селектифайер	1,2 %	1, %

3.3 Розрахунок матеріального балансу води і волокна

Розрахунок матеріального балансу води і волокна проводимо, відповідно до блок–схеми, наведеної на рис. 3.1.

Склад готової продукції. На склад поступає 1000 кг паперу із заданою сухістю 96 %. Отже, в ньому міститься:

- абсолютно–сухого волокна $1000 \cdot 0{,}96 = 960$ кг;
- води $1000 – 960 = 40$ кг.

Повздовжньо-різальний верстат (ПРВ). З урахуванням 1% браку, що утворюється під час оброблення паперу ($1000 \cdot 0{,}01 = 10$ кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на ПРВ повинно поступити $1000 + 10 = 1010$ кг.

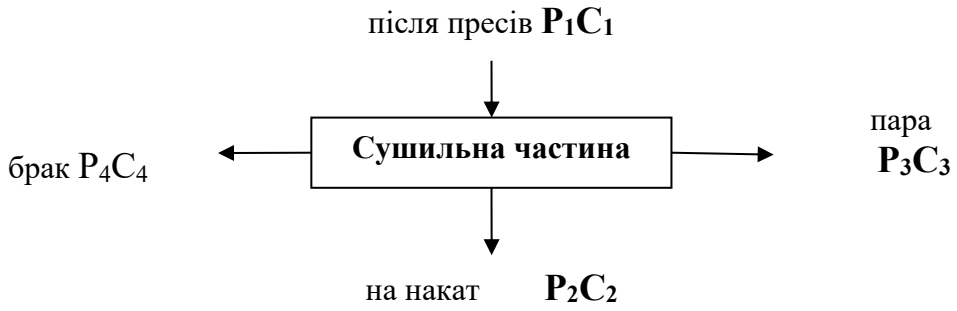
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З накату	1010,00	96,00	969,80	40,40
Надійшло(всього)	**1010,00**		**969,80**	**40,40**
На склад	1000,00	96,00	960,00	40,00
В г/розб.сух.браку	10,00	96,00	9,60	0,40
Пішло (всього)	**1010,00**		**969,60**	**40,40**

Накат.

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після сушіння	1025,00	96,00	984,00	41,00
Надійшло(всього)	**1025,00**		**984,00**	**41,00**
На ПРС	1010,00	96,00	968,80	40,40
В г/розб.сух.браку	15,00	96,00	14,40	0,60
Пішло (всього)	**1025,00**		**987,00**	**41,00**

Сушильна частина.

Для точного розрахунку обсягу маси, що надходить до сушильної секції, а також кількості води, яка випаровується під час сушіння паперу, необхідно скласти схему потоків у процесі сушіння.



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після пресів	1978,20	50,00	993,60	993,60
Надійшло(всього)	**1987,20**		**993,60**	**993,60**
На накат	1025,00	96,00	984,00	41,00
Втрати пару	952,20	0,00	0,00	952,20
В г/розб.сух.браку	10,00	96,00	9,60	0,40
Пішло (всього)	**1987,20**		**993,60**	**993,60**

<u>Пресова частина</u>.

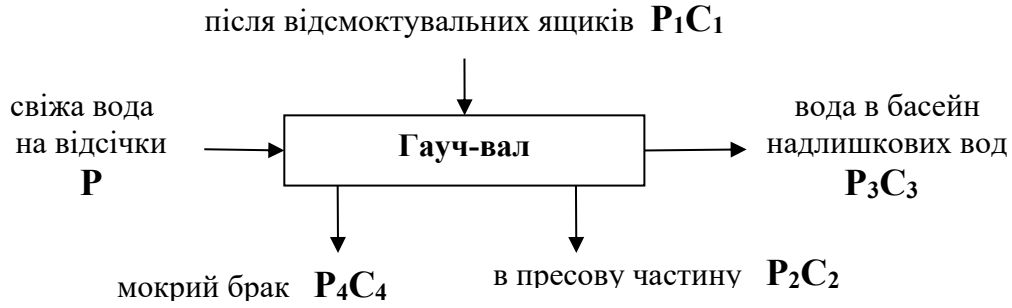


Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після гауч-вала	4180,50	24,00	1003,32	3177,18
Св.вода на пр.сукон	4200,00	0,00	0,00	4200,00
Надійшло(всього)	**8380,50**		**1003,32**	**7377,18**
На сушіння	1987,50	50,00	993,60	993,60
Пресові води	2178,30	0,1000	2,18	2176,12
Води в/пром.сукон	4200,00	0,0010	0,04	4199,96
В г/зміш.мок.браку	15,00	50,00	7,50	7,50
Пішло (всього)	**8380,50**		**1003,32**	**7377,18**

Пресова частина папероробної машини є ключовим блоком, де відбувається згущення волокнистої маси. Маса, що надходить із гауч-вала, проходить етап умовного згущення, після чого спрямовується до сушильної частини. Водночас, пресові води відводяться в стік.

Крім основних процесів, тут також здійснюються допоміжні операції: свіжа вода використовується для промивання сукон, а потім також відводиться. Весь мокрий брак, що утворюється на цьому етапі, направляється на гауч-мішалку для подальшої переробки.

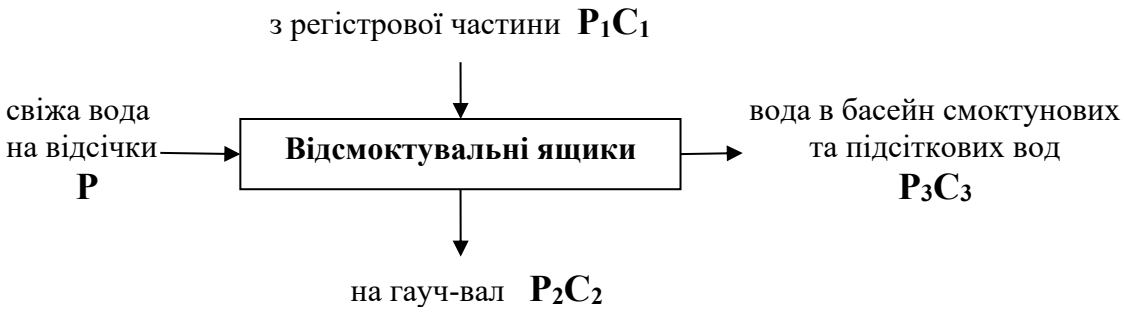
Гауч–вал.



Гауч-вал відповідає за згущення волокнистої маси. На цьому етапі маса, що надходить після відсмоктувальних ящиків, проходить процес згущення, після чого направляється безпосередньо до пресової частини. Вода, що вивільняється в результаті цього згущення, скеровується до басейну надлишкових вод. Окрім основної функції, гауч-вал також виконує допоміжні процеси, зокрема, використовує свіжу воду для відсічок.

Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно, кг**	**Вода, кг**
Після відс.ящиків	5588,42	18,00	1005,92	4582,50
Св.вода на відсіч.	2500,00	0,00	0,00	2500,00
Надійшло(всього)	**8088,42**		**1005,92**	**7082,50**
На пресов.частину	4180,50	24,00	1003,32	3177,18
Води від гауч-вала	3897,92	0,0050	0,19	3897,72
В г/зміш.мо.браку	10,00	24,00	2,40	7,60
Пішло (всього)	**8088,42**		**1005,92**	**7082,50**

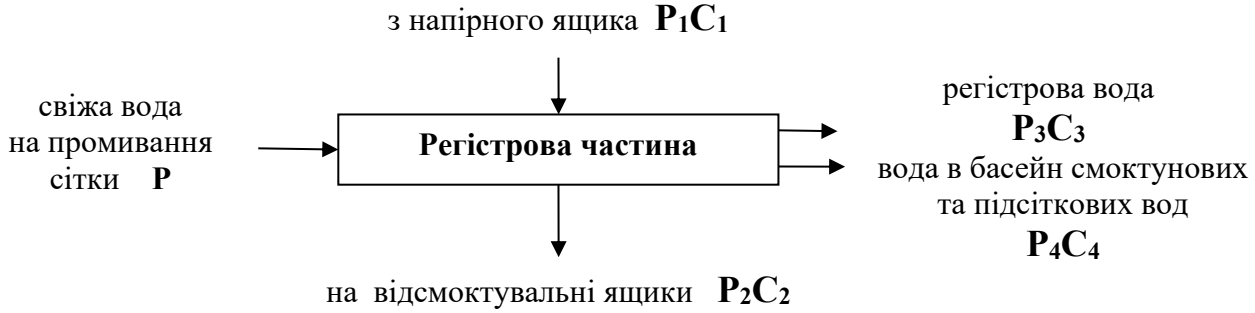
Відсмоктувальні ящики.



У відсмоктувальних ящиках відбувається згущення волокнистої маси. Маса, що надходить із регістрової частини, проходить тут етап згущення перед тим, як потрапити на гауч-вал. Вода, яка виділяється під час цього процесу, спрямовується до басейну смоктунових та підсіткових вод. Крім основної функції, відсмоктувальні ящики також використовують свіжу воду для відсічок, виконуючи допоміжні операції.

Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно, кг**	**Вода, кг**
Після регі.частини	25807,10	4,00	1032,28	24774,81
Св.вода на відсічк	6150,00	0,00	0,00	6150,00
Надійшло(всього)	**31957,10**		**1032,28**	**30924,81**
На гауч-вал	5588,42	18,00	1005,92	4582,50
Води в бас.ві.води	26368,68	0,1000	26,37	26342,31
Пішло (всього)	**31957,10**		**1032,28**	**30924,81**

Регістрова частина.



У регістровій частини папероробної машини маса, що надходить із напірного ящика, проходить початковий етап згущення, після чого скеровується на відсмоктувальні ящики для подальшого зневоднення. Вода,

яка відділяється в процесі згущення, направляється до басейну регістрових вод.

Окрім основної функції, регістрова частина також виконує допоміжні процеси: свіжа вода використовується для промивання сіток, а після цього відводиться до басейну смоктунових та підсіткових вод.

Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно, кг**	**Вода, кг**
Після н.ящика	209836,40	0,65	1363,94	208472,47
Свіжа вода на пром.сітки	10000,00	0,000	0,00	10000,00
Надійшло(всього)	**219836,40**		**1363,94**	**218472,47**
На відсм.ящики	25807,10	4,00	1032,28	24774,81
Регістрові води	184029,31	0,1800	331,25	183698,05
Підсіткові води	10000,00	0,0040	0,40	9999,60
Пішло (всього)	**219836,40**		**1363,94**	**218472,47**

Напірний ящик.

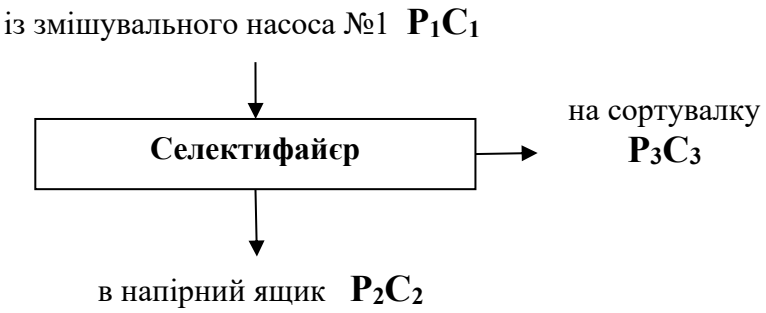
із селектифайєра $\mathbf{P_1C_1}$

Напірний ящик

в регістрову частину $\mathbf{P_2C_2}$

Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно, кг**	**Вода, кг**
Після вузлоуловлюв.	209836,40	0,6500	1363,94	208472,47
Надійшло(всього)	**209836,40**		**1363,94**	**208472,47**
На рег.частину	209836,40	0,6500	1363,94	208472,47
Пішло (всього)	**209836,40**		**1363,94**	**208472,47**

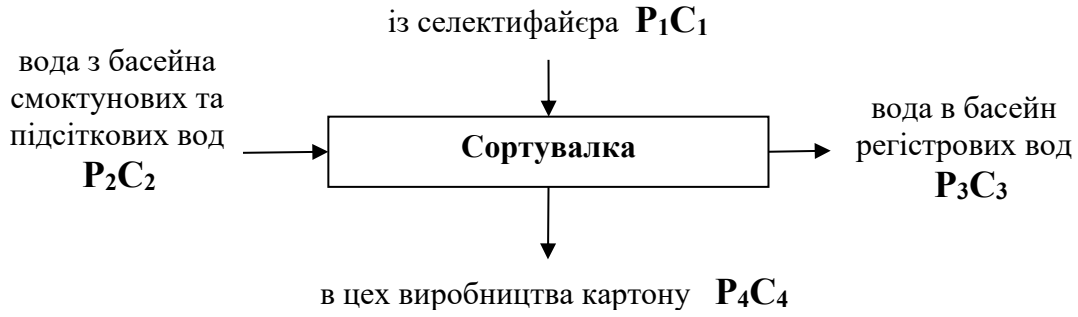
Селектифайєр.



У Селектифайєрі здійснюється сортування волокнистої маси. Маса, що надходить після змішувального насоса №1, проходить тут етап розділення. У результаті, відсортована маса спрямовується до напірного ящика, тоді як відходи відводяться для подальшого сортування..

Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно, кг**	**Вода, кг**
Після зм.нас.№1	211934,77	0,6515	1380,72	210554,05
Надійшло(всього)	**211934,77**		**1380,72**	**210554,05**
На н/ящик	209836,40	0,6500	1363,94	208472,47
На плоску сортув.	2098,36	0,8000	16,79	2081,58
Пішло (всього)	**211934,77**		**1380,72**	**210554,05**

Сортувалка.

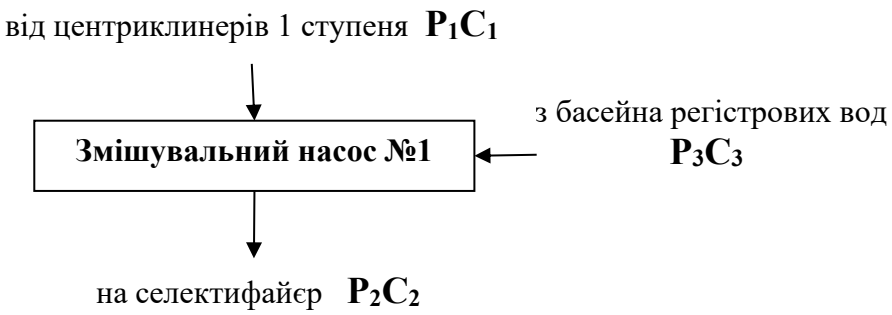


Сортувалка, як правило, є ключовим компонентом, де відбувається сортування (та часткове згущення) волокнистої маси. Маса, що надходить із селектифайєра, проходить тут додатковий етап сортування. У результаті, волокниста маса спрямовується до басейну оборотного браку, а вода – до басейну регістрових вод.

Крім цих основних процесів, виконуються й допоміжні операції: вода з басейну смоктунових та підсіткових вод використовується для спорків, а потім, разом з іншими водами, також направляється в басейн регістрових вод.

Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно, кг**	**Вода, кг**
З бас.надлишк.вод	850,00	0,0788	0,67	849,33
Після селектиф.	2098,36	0,8000	16,79	2081,58
Надійшло(всього)	**2948,36**		**17,46**	**2930,91**
В бас.регістр.вод	2760,39	0,3600	9,94	2750,45
В цех вир.картону	187,00	4,0000	7,52	180,46
Пішло (всього)	**2948,36**		**17,46**	**2930,91**

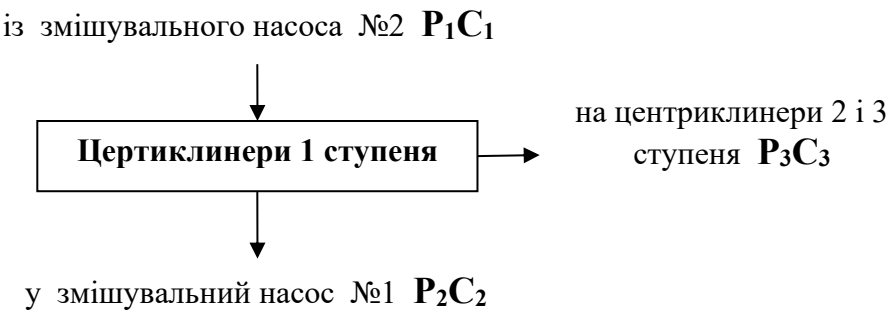
<u>Змішувальний насос №1</u>



У Змішувальний насос №1 відбуваються процеси розведення маси. Маса, що надходить з центриклинерів 1 ступеня, розводиться регістровою водою і потім поступає на селектифайєр.

Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно, кг**	**Вода, кг**
Регістова вода	19874,71	0,1827	36,30	19838,41
Після центри. Іст.	192060,05	0,7000	1344,42	190715,63
Надійшло(всього)	**211934,77**		**1380,72**	**210554,05**
На селектифайер	211934,77	0,6515	1380,72	210554,05
Пішло (всього)	**211934,77**		**1380,72**	**210554,05**

Центриклинери 1 ступеня.



На центриклінерах першого ступеня відбувається процес сортування маси. Після подачі зі змішувального насоса №2, маса проходить сортування, внаслідок чого очищена частина надходить до змішувального насоса №1. Одночасно відходи, що утворилися, спрямовуються на центриклінери другого та третього ступеня для подальшої очистки та розділення.

Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно,кг**	**Вода, кг**
Після зм.насо№2	204493,25	0,7304	1493,62	202999,64
Надійшло(всього)	**204493,25**		**1493,62**	**202999,64**
На зміш.нас.№1	192060,05	0,7000	1344,42	190715,64
На центрикл. II і III ст.	12433,19	1,2000	149,20	12283,99
Пішло (всього)	**204493,25**		**1493,62**	**202999,64**

Центриклинери 2 і 3 ступеня.

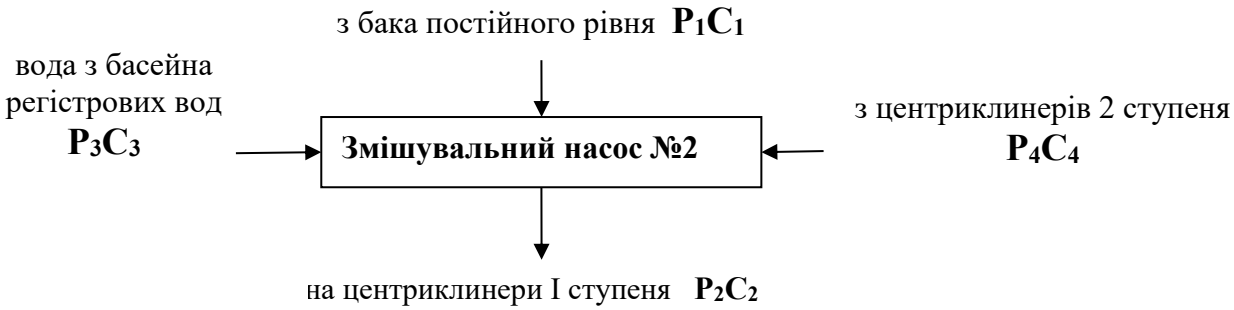


На центриклинерах 2 і 3 ступеня відбуваються процеси остаточного сортування маси. маса, що надходить після центриклінерів першого ступеня, проходить додаткове двоступеневе сортування. Відсортована маса після

другого ступеня повертається на вхід змішувального насоса №2, тоді як відходи, що утворюються на третьому ступені, відводяться у стік.

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після центр. I ст.	12433,19	1,2000	149,20	12283,99
Надлиш.вода в жолоб I і II	30954,91	0,0800	24,76	30930,15
Надійшло(всього)	**43388,10**		**173,96**	**43214,14**
В зміш.насос №2	43238,10	0,4000	172,95	43065,15
Відходи у відвал	150,00	0,6700	1,01	149,00
Пішло (всього)	**43388,10**		**173,96**	**43214,14**

Змішувальний насос № 2.

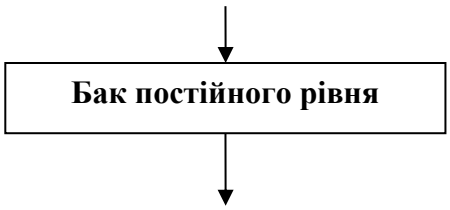


На змішувальному насосі №2 відбувається розведення маси. Маса з бака постійного рівня змішується з регістровою водою, після чого направляється до центриклінерів першого ступеня. До насоса надходить і очищена маса з центриклінерів другого ступеня, що впливає на загальний баланс та співвідношення всіх потоків у системі.

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	130323,20	0,1827	238,05	130085,15
Від центриклин. II ст.	43238,10	0,4000	172,95	43065,15
З БПР	30931,95	3,5000	1082,62	29849,33
Надійшло(всього)	**204493,25**		**1493,62**	**202999,64**
На центрикл. I ст.	204493,25	0,7304	1493,62	202999,64
Пішло (всього)	**204493,25**		**1493,62**	**202999,64**

Бак постійного рівня.

з машинного басейна P_1C_1

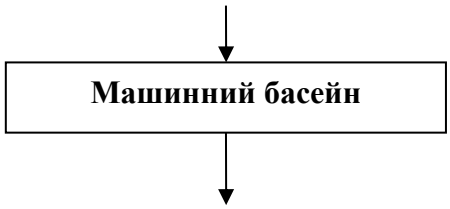


в змішувальний насос №2 P_2C_2

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після машин.басейна	30931,95	3,5000	1082,62	29849,33
Надійшло(всього)	**30931,95**		**1082,62**	**29849,33**
На зміш.насос №2	30931,95	3,5000	1082,62	29849,33
Пішло (всього)	**30931,95**		**1082,62**	**29849,33**

Машинний басейн.

з композиційного басейна P_1C_1

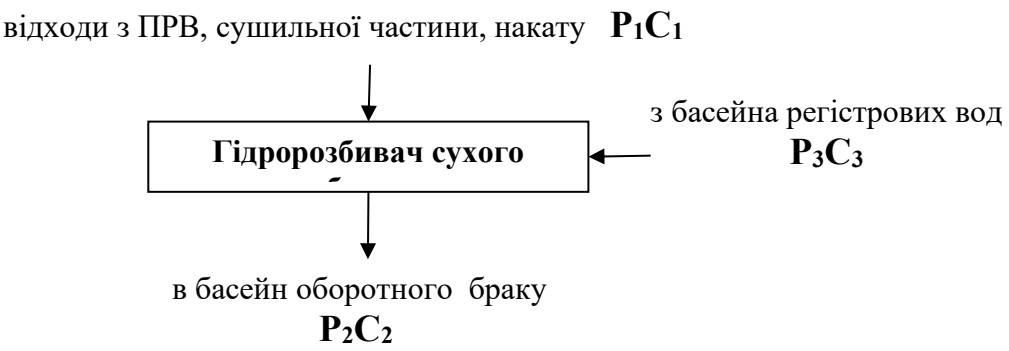


в бак постійного рівня P_2C_2

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після композ.басейна	30931,95	3,5000	1082,62	29849,33
Надійшло(всього)	**30931,95**		**1082,62**	**29849,33**
На БПР	30931,95	3,5000	1082,62	29849,33
Пішло (всього)	**30931,95**		**1082,62**	**29849,33**

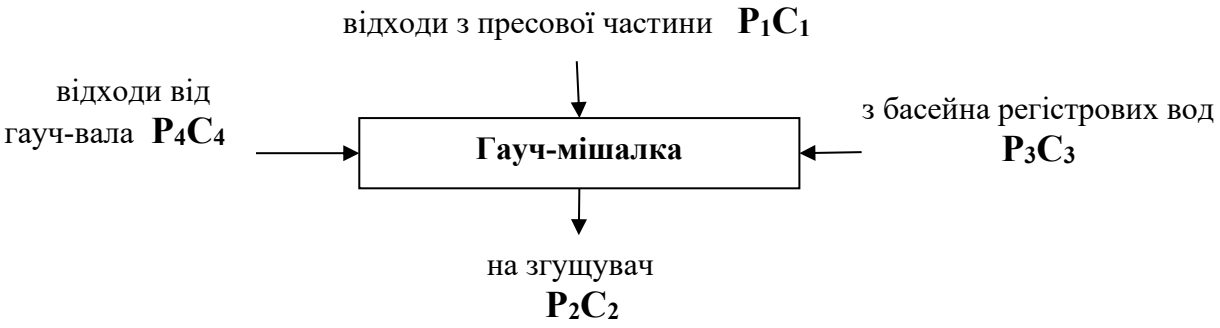
Розрахунок блоків перероблення сухого та мокрого браку

Гідророзбивач сухого браку.



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З ПРВ	10,00	96,00	9,60	0,40
З накату	15,00	96,00	14,40	0,60
З сушіння	10,00	96,00	9,60	0,40
З бас-ну рег.вод	975,93	0,1827	1,78	974,15
Надійшло(всього)	**1010,93**		**35,38**	**975,55**
В басейн обор.браку	1010,93	3,5000	35,38	975,55
Пішло (всього)	**1010,93**		**35,38**	**975,55**

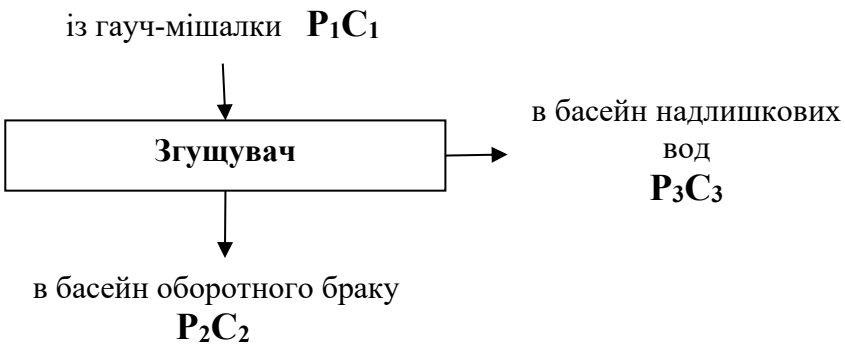
Гауч–мішалка.



Гауч–мішалку можна віднести до класу блоків, в яких відбуваються процеси розведення маси, а саме: маса, що надходить з пресової частини та від гауч-вала, розводиться регістровою водою і потім поступає в басейн оборотного браку.

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З пресової частини	15,00	50,00	7,50	7,50
З гауч-вала	10,00	24,00	2,40	7,60
З бас-ну рег.вод	1571,26	0,1827	2,87	1568,39
Надійшло(всього)	**1596,26**		**12,77**	**1583,49**
На згущ.мокрого браку	1596,26	0,8000	12,77	1583,49
Пішло (всього)	**1596,26**		**12,77**	**1583,49**

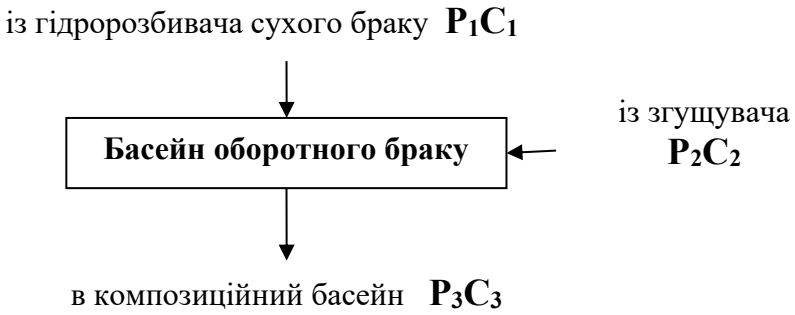
Згущувач.



Згущувач можна віднести до класу блоків, в яких відбуваються процеси згущення маси, а саме: маса, що надходить із гауч–мішалки, згущується і потім поступає в басейн оборотного браку, а вода, що утворюється поступає в басейн надлишкових вод.

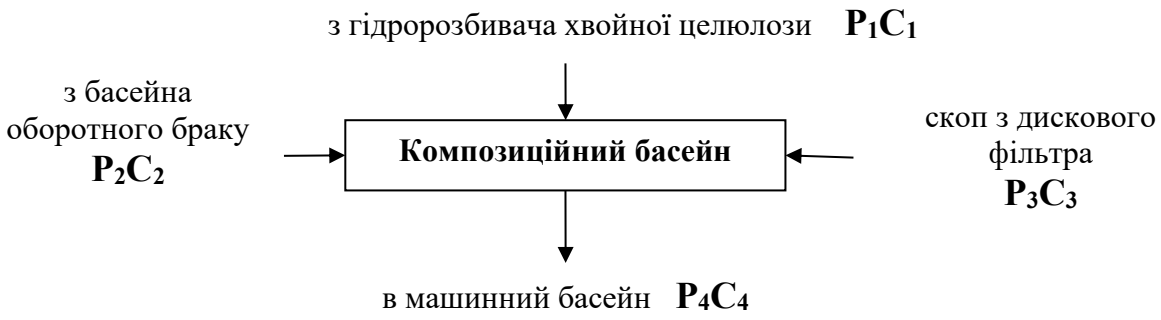
Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно, кг**	**Вода, кг**
Після зміш.мокр.браку	1596,26	0,8000	12,77	1583,49
Надійшло(всього)	**1596,26**		**12,77**	**1583,49**
В басейн обор.браку	350,62	3,5000	12,27	338,35
В басейн надл.вод	1245,63	0,0400	0,50	1245,14
Пішло (всього)	**1596,26**		**12,77**	**1583,49**

Басейн оігового браку.



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З г/розбив.сух.браку	1010,93	3,50	35,38	975,55
Зі зміш.мокрого браку	350,62	3,50	12,27	338,35
Надійшло(всього)	**1361,56**		**47,65**	**1313,90**
В композиц.басейн	1361,56	3,50	47,65	1313,90
Пішло (всього)	**1361,56**		**47,65**	**1313,90**

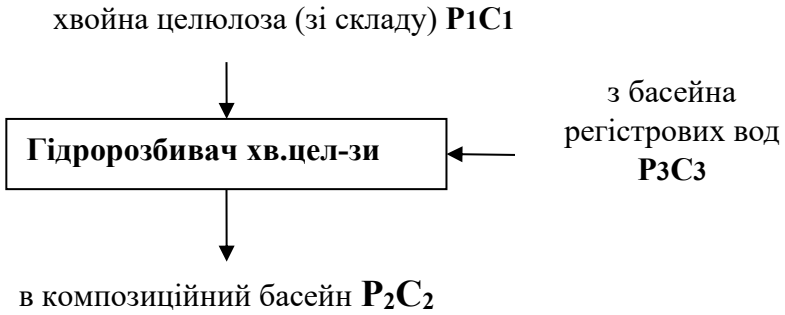
Композиційний басейн.



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/роз.хв.цел-зи	29569,39	3,5000	1034,93	28534,47
Із басейна обіг.браку	1361,56	3,5000	47,65	1313,90
Скоп з диск.фільтра	1,00	3,5000	0,04	0,97
Надійшло(всього)	**30931,95**		**1082,62**	**29849,33**
В машин.басейн	30931,95	3,5000	1082,62	29849,33
Пішло (всього)	**30931,95**		**1082,62**	**29849,33**

Відділ підготовки маси.

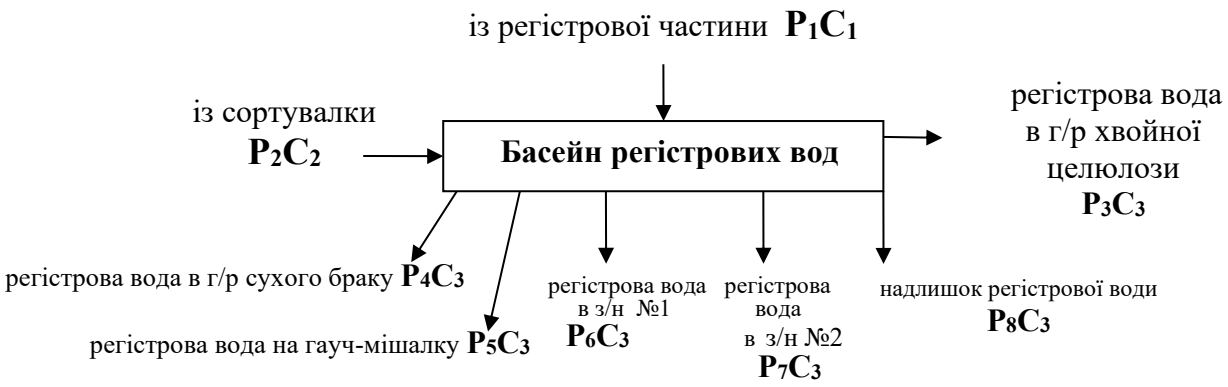
Гідророзбивач хвойної целюлози:



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Хв.цел-за зі складу	1117,00	88,00	982,96	134,04
Вода з бас.рег.вод	28452,40	0,1827	51,97	28400,43
Надійшло(всього)	**29569,39**		**1034,93**	**28534,47**
В композиційний бас.	29569,39	3,50	1034,93	28534,47
Пішло (всього)	**29569,39**		**1034,93**	**28534,47**

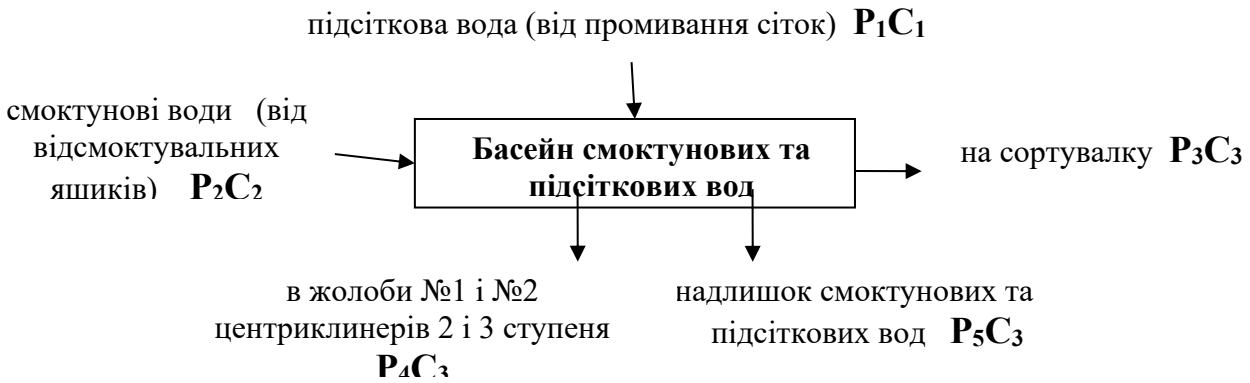
Регістрові та підсіткові води

Басейн регістрових вод



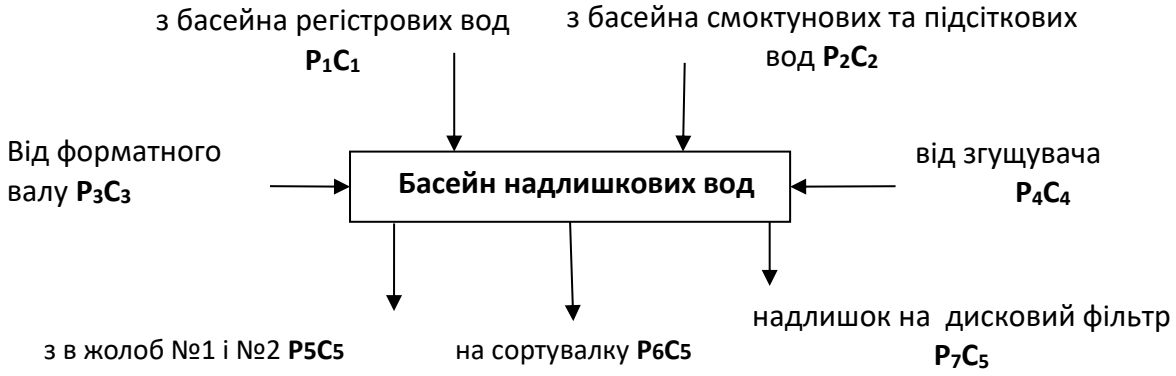
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З регістрової частини	184029,31	0,1800	331,25	183698,05
Від плоск.сортув.	2760,10	0,3600	9,94	2750,17
Надійшло(всього)	**186789,41**		**341,19**	**186448,22**
На зм.насос №1	19874,70	0,1827	36,30	19838,40
На зм.насос №2	130323,20	0,1827	238,05	130085,15
	0,00	0,1827	0,00	0,00
На г/розб.хвойн.цел.	28452,40	0,1827	51,97	28400,43
На г/розб.сухого браку	975,93	0,1827	1,78	974,15
На зміш.мокр.браку	1571,26	0,1827	2,87	1568,39
В басейн надл.вод	5591,92	0,1827	10,21	5581,70
Пішло (всього)	**186789,41**		**341,19**	**186448,22**

Басейн смоктунових та підсіткових вод.



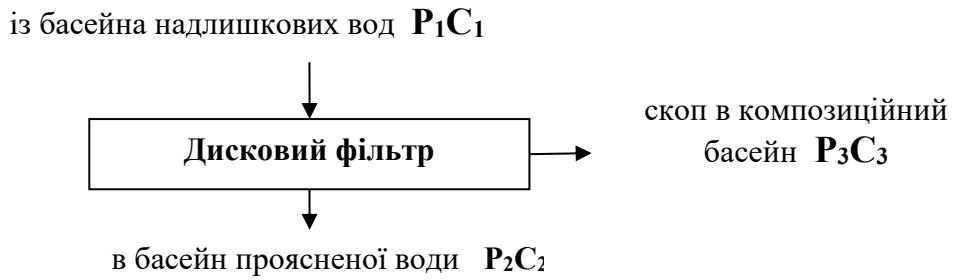
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Від відсмоктув.ящиків	26368,68	0,1000	26,37	26342,31
Надійшло(всього)	**26368,68**		**26,37**	**26342,31**
В басейн надлишк.вод	26368,68	0,1000	26,37	26342,31
Пішло (всього)	**26368,68**		**26,37**	**26342,31**

<u>Басейн надлишкових вод.</u>



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	5591,92	0,1827	10,21	5581,70
З басейну підсітк.вод	10000,00	0,0040	0,40	9999,60
З басейну вод відсм.ящ.	26368,68	0,1000	26,37	26342,31
Від гауч-вала	3897,92	0,0050	0,19	3897,72
Від сгущ.мокр.браку	1245,63	0,0400	0,50	1245,14
Надійшло(всього)	**47104,15**		**37,68**	**47066,47**
В жолоб №1 і №2	30954,91	0,0800	24,76	30930,15
На сортувалку	850,00	0,0800	0,68	849,32
На дисковий фільтр	15299,24	0,0800	12,24	15287,00
Пішло (всього)	**47104,15**		**37,68**	**47066,47**

Дисковий фільтр.



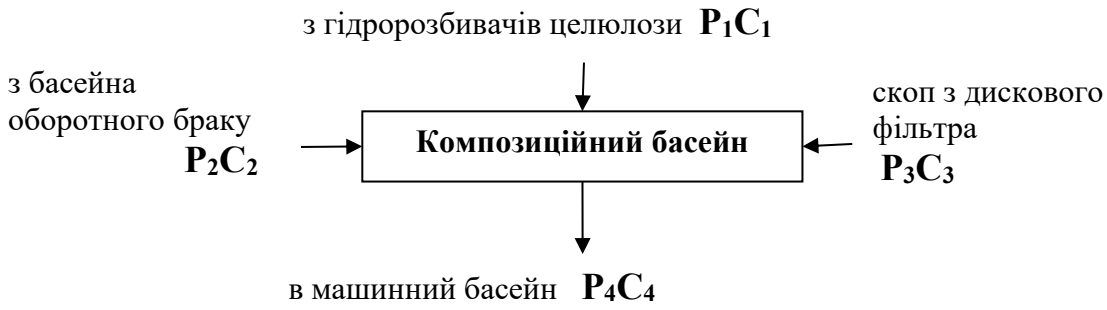
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну над.вод	15299,24	0,0800	12,24	15287,00
Надійшло(всього)	**15299,24**		**12,24**	**15287,00**
В компози.басейн	345,36	3,50	12,09	333,47
В басейн осві.вод	14953,88	0,0010	0,15	14953,73
Пішло (всього)	**15299,24**		**12,24**	**15287,00**

Обсяг скопу (Р3), що утворюється в процесі освітлення води та має надходити до композиційного басейну, становить 345,36 кг. Це значення суттєво перевищує попередньо прийняту в розрахунках матеріального балансу величину — 1,0 кг.

Необхідно зробити перерахунок матеріального балансу композиційного басейну з урахуванням нового показника Р3, а також скоригувати розрахунки для наступних технологічних блоків - гідророзбивач целюлози, басейн регістрових вод, басейн надлишкових вод та дисковий фільтр.

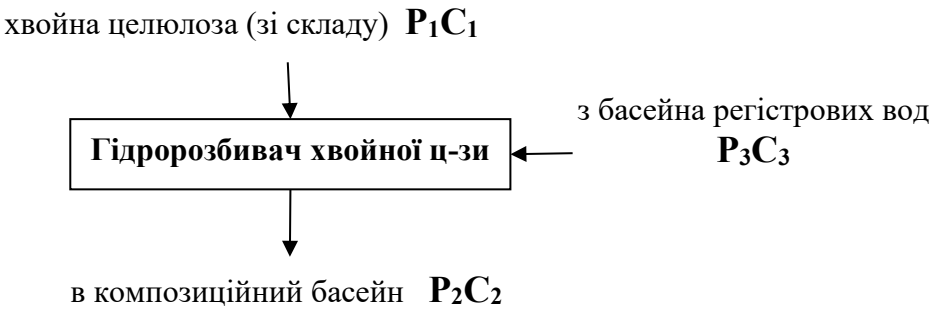
Результати першого перерахунку матеріального балансу

Композиційний басейн



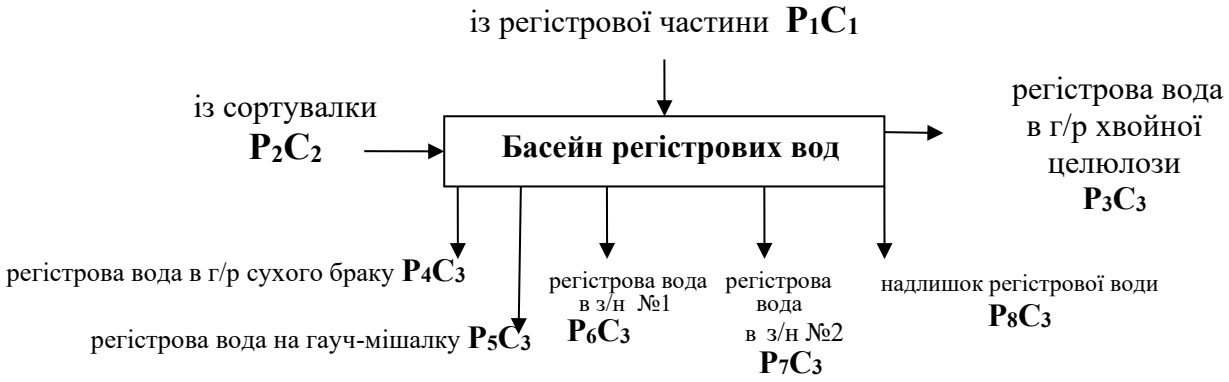
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/роз.хв.цел-зи	29219,30	3,5000	1022,68	28196,62
Із басейна обіг.бр	1361,56	3,5000	47,65	1313,90
Скоп з диск.філ.	345,36	3,5000	12,09	333,27
Надійшло(всього)	**30926,21**		**1082,42**	**29843,79**
В машин. басейн	30926,21	3,5000	1082,42	29843,79
Пішло (всього)	**30926,21**		**1082,42**	**29843,79**

Гідророзбивач хвойної целюлози



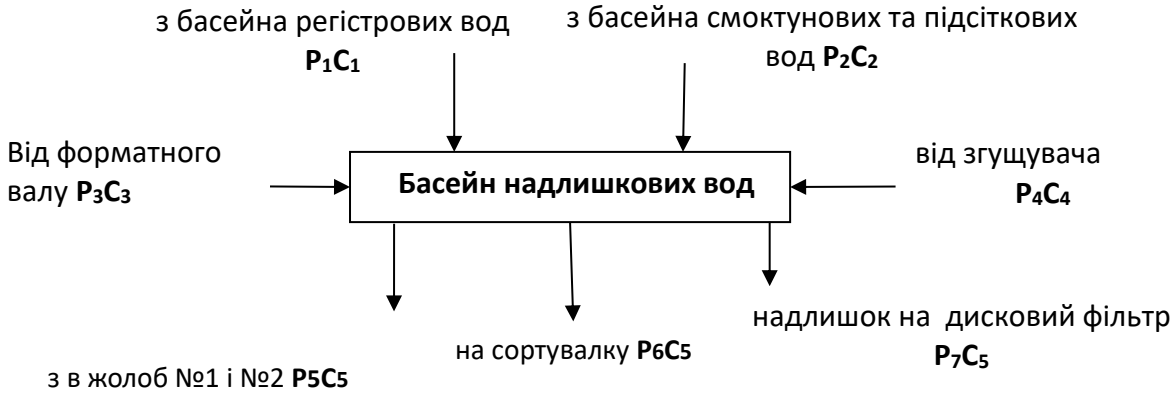
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Хв.цел-за зі складу	1103,77	88,00	971,32	132,45
Вода з бас.рег.вод	28115,52	0,1827	51,36	28064,17
Надійшло(всього)	**29219,30**		**1022,68**	**28196,62**
В композиційний бас.	29219,30	3,50	1022,68	28196,62
Пішло (всього)	**29219,30**		**1022,68**	**28196,62**

Басейн регістрових вод



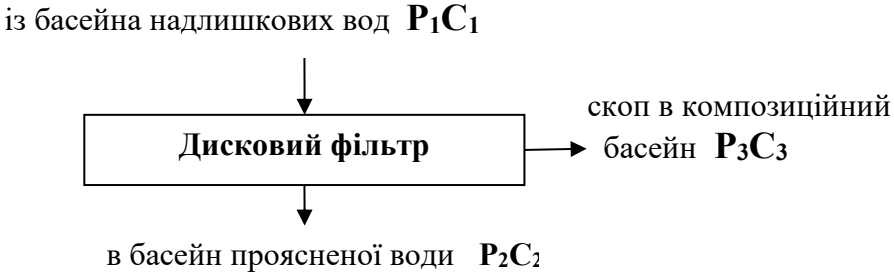
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З регістрової частини	184029,31	0,1800	331,25	183698,05
Від плоск.сортув.	2759,89	0,3600	9,94	2749,96
Надійшло(всього)	**186789,20**		**341,19**	**186448,01**
На зм.насос №1	19874,70	0,1827	36,30	19838,39
На зм.насос №2	130241,21	0,1827	237,90	130003,31
На г/розб.хвойн.цел.	28115,52	0,1827	51,36	28064,17
На г/розб.сухого браку	975,93	0,1827	1,78	974,15
На зміш.мокр.браку	1571,26	0,1827	2,87	1568,39
В басейн надл.вод	6010,59	0,1827	10,98	5999,61
Пішло (всього)	**186789,20**		**341,19**	**186448,01**

Басейн надлишкових вод



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	6010,59	0,1827	10,98	5999,61
З басейну підсітк.вод	10000,00	0,0040	0,40	9999,60
З басейну вод відсм.ящ.	26368,68	0,1000	26,37	26342,31
Від гауч-вала	3897,92	0,0050	0,19	3897,72
Від сгущ.мокр.браку	1245,63	0,0400	0,50	1245,14
Надійшло(всього)	**47522,82**		**38,44**	**47484,37**
В жолоб №1 і №2	31042,66	0,0809	25,11	31017,55
На сортувалку	850,00	0,0809	0,69	849,31
На дисковий фільтр	15630,16	0,0809	12,64	15617,52
Пішло (всього)	**47522,82**		**38,44**	**47484,37**

<u>Дисковий фільтр</u>



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну надл.вод	15630,16	0,0809	12,64	15617,52
Надійшло(всього)	**15630,16**		**12,64**	**15617,52**
В композиц.басейн	356,87	3,50	12,49	344,38
В басейн освітл.вод	15273,29	0,0010	0,15	15273,14
Пішло (всього)	**15630,16**		**12,64**	**15617,52**

Згідно з оновленими розрахунками, обсяг скопу (Р3), який утворюється внаслідок освітлення води та має надходити до композиційного басейну, становить 356,87 кг. Це значення перевищує показник, врахований у попередньому перерахунку матеріального балансу — 345,36 кг, тобто різниця становить**(** δ **=11,51 кг**)

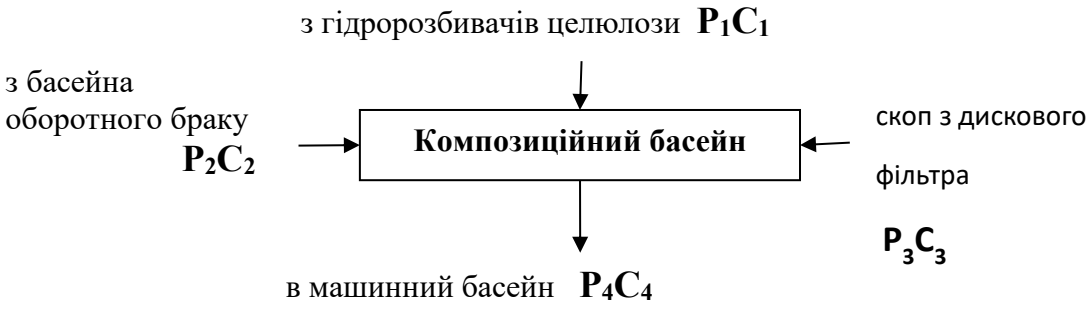
Необхідно провести перерахунок матеріального балансу для композиційного басейну, гідророзбивача целюлози, басейну регістрових вод, басейну надлишкових вод та дискового фільтра. .

Процес перерахунку слід вважати завершеним, коли різниця між двома останніми значеннями параметра Р3 (у перерахунку на абсолютно суху речовину) не перевищуватиме 0,3–0,5 кг.

Результати повторних перерахунків матеріального балансу

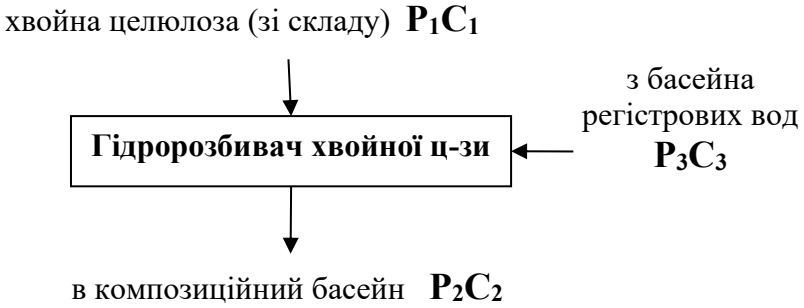
<u>Композиційний басейн</u>

У зв'язку зі зміною кількості скопу, що надходить до композиційного басейну з дискового фільтра, а саме: P_3=356,87 кг (проти P_3=**345,36** кг), потрібно перерахувати і кількість маси, що поступає із гідророзбивачів целюлози.



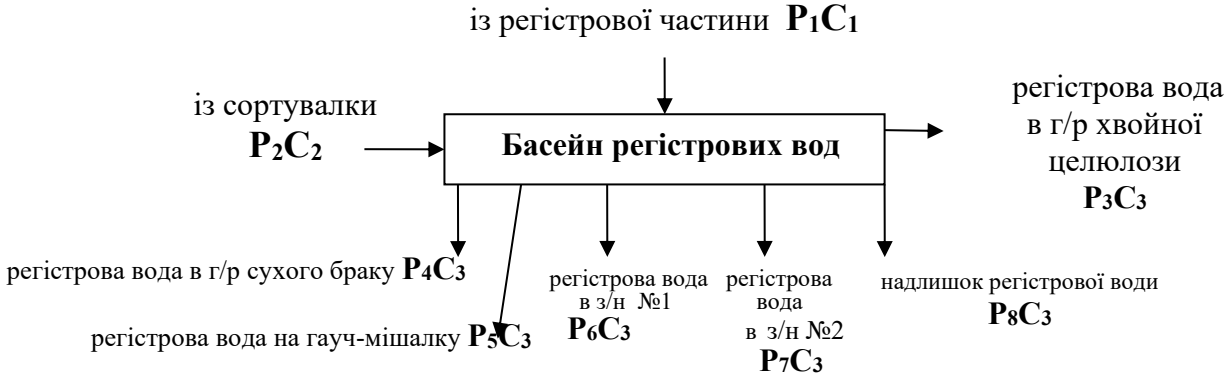
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/розбив.хв.цел-зи	29207,60	3,5000	1022,27	28185,33
	0,00	3,5000	0,00	0,00
Із басейна обіг.браку	1361,56	3,5000	47,65	1313,90
Скоп з диск.фільтра	356,87	3,5000	12,49	344,38
Надійшло(всього)	**30926,02**		**1082,41**	**29843,61**
В машинний басейн	30926,02	3,5000	1082,41	29843,61
Пішло (всього)	**30926,02**		**1082,41**	**29843,61**

Гідророзбивач хвойної целюлози



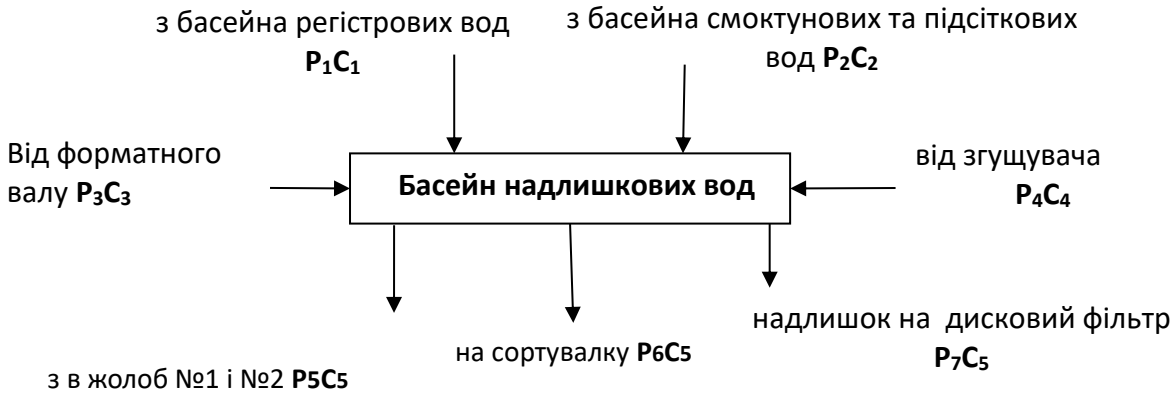
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Хв.цел-за зі складу	1103,33	88,00	970,93	132,40
Вода з бас.рег.вод	28104,26	0,1827	51,34	28052,93
Надійшло(всього)	**29207,60**		**1022,27**	**28185,33**
В композиц. бас.	29207,60	3,50	1022,27	28185,33
Пішло (всього)	**29207,60**		**1022,27**	**28185,33**

Басейн регістрових вод



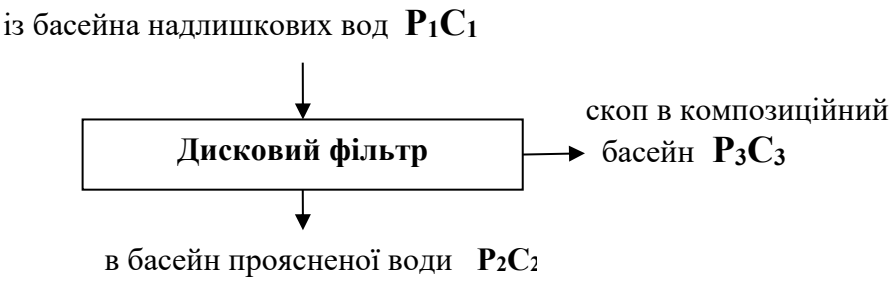
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З регістрової частини	184029,31	0,1800	331,25	183698,05
Від плоск.сортув.	2759,89	0,3600	9,94	2749,95
Надійшло(всього)	**186789,19**		**341,19**	**186448,01**
На зм.насос №1	19874,70	0,1827	36,30	19838,39
На зм.насос №2	130238,49	0,1827	237,89	130000,59
На г/розб.хвойн.цел.	28104,26	0,1827	51,34	28052,93
На г/розб.сухого браку	975,93	0,1827	1,78	974,15
На зміш.мокр.браку	1571,26	0,1827	2,87	1568,39
В басейн надл.вод	6024,56	0,1827	11,00	6013,55
Пішло (всього)	**186789,19**		**341,19**	**186448,01**

Басейн надлишкових вод



Найменування	Маса, кг	Концентрація,%	Волокно,кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	6024,56	0,1827	11,00	6013,55
З басейну підсітк.вод	10000,00	0,0040	0,40	9999,60
З басейну вод відсм.ящ.	26368,68	0,1000	26,37	26342,31
Від гауч-вала	3897,92	0,0050	0,19	3897,72
Від сгущ.мокр.браку	1245,63	0,0400	0,5	1245,14
Надійшло(всього)	**47536,79**		**38,47**	**47498,32**
В жолоб №1 і №2	31045,57	0,0809	25,12	31020,44
На сортувалку	850,00	0,0809	0,69	849,31
На дисковий фільтр	15641,22	0,0809	12,66	15628,56
Пішло (всього)	**47536,79**		**38,47**	**47498,32**

Дисковий фільтр



.

Найменування	**Маса, кг**	**Концентрація, %**	**Волокно, кг**	**Вода, кг**
З басейну над.вод	15641,22	0,0809	12,66	15628,56
Надійшло(всього)	**15641,22**		**12,66**	**15628,56**
В композ.басейн	357,25	3,50	12,50	344,75
В басейн осв.вод	15283,97	0,0010	0,15	15283,81
Пішло (всього)	**15641,22**		**12,66**	**15628,56**

3.4 Результати зведеного балансу води і волокна

В табл. 3.2 наведено результати зведеного балансу води і волокна

Таблиця 3.2 - Результати зведеного балансу води і волокна

Таблиця зведеного балансу води і волокна

Волокно (абс.сух.),кг	**Надходження**	**Витрата**
Хвойна целюлоза (невибілена)	970,93	
	0,00	
Всього:	**970,93**	
Готова продукція		960,00
Відходи центриклинерів III ст.		1,01
З пресовими водами		2,18
Промивка сукон		0,04
На очисні споруди		0,15
Відходи сортувалки (в цех виробн.картону)		7,54
	Всього:	**970,92**
Вода, кг	**Надходження**	**Витрата**
З хвойною целюлозою	132,40	
	0,00	
Свіжа вода на промивання сіток	10000,00	
Свіжа вода на відсічки відсм.ящиків	6 150,00	
Свіжа вода на промив. сукна	4 200,00	
Свіжа вода на відсічки в гаучі	2 500,00	
Всього:	**22 982,40**	
З готовою продукцією		40,00
З парою при сушінні		952,20
З відходами центр. III ст.		149,00
З пресовими водами		2176,12
Промивка сукон		4199,96
На очисні споруди		15283,81
З відходами сортувалки (в цех виробн.картону)		180,94
	Всього:	**22 982,03**

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

$$970,93 – 960 = 10,93 \text{ кг.}$$

В такому випадку вимої волокна (*ВВ)* становлять:

$$10,93 \cdot 100/970,93 = 1,13 \%$$

Якщо врахувати, що відходи центриклинерів 3 ступеня не відносяться до волокна, а відходи сортувалки будуть використані (в якості волокна) в межах комбінату (фабрики), наприклад в цеху виробництва картону, то величина безповоротних втрат волокна може бути зменшена, а саме:

$$970,92 – 960,00 – 1,01 – 7,54 = 2,37 \text{ кг.}$$

В цьому випадку вимої волокна (*ВВ)* становлять:

$$2,37 \cdot 100/970,92 = 0,24 \%$$

3.5 Тепловий баланс

Розрахунок контактного сушіння паперу

Вихідні дані

Продуктивність, кг/год.	G=	12604,41
Початкова вологість матеріалу, %	W_1=	50
Кінцева вологість матеріалу, %	W_2=	4
Початкова температура матеріалу, оС	t_1=	20
Початкова тепература повітря, оС	θ_1=	10
Початкова вологість повітря, %	F_1=	0,5
Кінцева температура повітря, оС	θ_4=	80
Кінцева вологість повітря, %	F_2=	0,9
Температура повітря після теплообмінників, оС	θ_2=	25
Температура пари, що гріє, оС	$\theta_{пар}$=	130

Тепловий баланс сушки

Стаття приходу/витрати тепла	кДж/год
Прихід тепла	
1. З паром, що поступає в сушильні циліндри	33129572,29
2. З паром, що поступає в калорифер	4011197,137
3. Тепло використане в теплообміннику	1350911,007
Усього	38491680,43
Витрати тепла	
1. На підігрів матеріалу	2833471,368
2. На сушку в 2-му, 3-му періодах	29602950,24
3. На втрати в навколишнє середовище	201311,1197
4. На втрати з невикористаним повітрям	135091,1007
5. На підігрів повітря в теплообмінниках	1350911,007
6. На втрати з повітрям йдуть	4818249,258
Усього	38941984,1

Результати розрахунку

Витрати пари в сушільній частині, кг/год.	D1=	15090,51799
Витрати пари в калориферах, кг/год.	D2=	1827,100031
Загальна витрата пари, кг/год.	D=	16917,61802
Витрата пари на 1 кг матеріалу, кг/год.	Dуд=	1,342198327
Кількість повітря, що подається в сушку, кг/год.	L=	89389,33555
Кількість свіжого повітря, кг/год.	L9=	98328,26911
Поверхня теплопередачі для підігріву в сушку, м2	F1=	35,9805888
Поверхня теплопередачі для сушіння, м2	F2,3=	479,564648
Загальна поверхня теплопередачі, м2	F=	515,5452368
Температура повітря на вході в суш. частини, С	θ3=	74,5388014
Температура матеріалу при сушці з пост, скор.,С	t2=	60
Сер. Температура матеріалу під періода 2,3, С	t4=	78,9
Сер. Температура матеріалу, С	t5=	40
Температура матеріалу після сушіння, С	t3=	113,55

4 ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Для виробництва мішкового паперу марки М-78А обрано папероробну машину БП-45А, модернізовану відповідно до сучасних технологічних вимог. Папероробна машина відповідно складається з трьох основних частин: сіткової, пресової та сушильної.

Пресова частина машини представлена сучасною пресовою системою Tandem NipcoFlex, яка забезпечує підвищену ефективність процесу зневоднення та рівномірність профілю вологості полотна. Система складається з двох послідовно розташованих зон пресування з використанням валів Nipco з регульованим лінійним тиском. Це дозволяє точно налаштовувати профіль пресування по всій ширині полотна. Вали з глухими отворами забезпечують механічну стабільність і рівномірне зневоднення. Спеціальні покриття контактних поверхонь сприяють зниженню зношування валів та покращенню якості паперу.

Сушильна частина папероробної машини, що призначена для виготовлення мішкового паперу, виконує фінальний етап зневоднення паперового полотна. Сушильна частина складається з 56 сушильних циліндрів діаметром 1500 мм, які розподілені на 7 секцій по 8 циліндрів у кожній. Передача тепла до паперового полотна відбувається контактним способом: папір проходить у притиску до гарячої поверхні циліндрів за допомогою сушильних сіток, що забезпечує його рівномірне та інтенсивне висушування. Між п’ятою та шостою секціями сушіння встановлено клеїльний прес. Наприкінці сушильної частини розташовані два холодильні циліндри.

Папероробна машина БП-45А має наступні основні технічні характеристики:

- обрізна ширина паперового полотна становить 6300 мм;
- маса 1 м² паперу змінюється від 70 до 80 г/м²
- максимальна швидкість руху полотна:
    - за приводом 750 м/хв;

- робоча швидкість 550 м/хв;

- добова продуктивність (за 23 години) 320 тон готової продукції;
- потужність встановленого електрообладнання:
  - регульований привід - 3432,4 кВт;
  - нерегульований привід - 6627,0 кВт;
- габаритні розміри машини:
  - довжина - 108 250 мм;
  - ширина (по осях шин) - 8050 мм;
  - висота першого поверху - 6000 мм;
  - висота другого поверху від рівня підлоги - 6860 мм.

Розрахуємо продуктивність машини:

$$Q_{год} = 0{,}06 \times B_0 \times \vartheta \times q \times K_1 \times K_2$$

де 0,06 – коефіцієнт для переведення швидкості за часом (хвилини в години) та маси 1 м^2 паперу (грами в кілограми);

B_0 – обрізна ширина полотна паперу, м;

υ – швидкість машини, м/хв;

q – маса 1 м^2 полотна, г/м^2:

$K_1 = 0{,}90$ – коефіцієнт, що враховує холостий хід машини;

$K_2 = 0{,}95 – 0{,}98$ – коефіцієнт використання максимальної швидкості папероробної машини.

Розрахуємо годинну продуктивність папероробної машини:

$$Q_{год} = 0{,}06 \times 6{,}30 \times 500 \times 78 \times 0{,}9 \times 0{,}95 = 12604{,}41 \text{ кг/год}$$

Добова продуктивність машини становить:

$$Q_д = Q_{год} \times t_д = 13864{,}9 \times 23 = 289901{,}43 \text{ кг/добу} \approx 289{,}9 \text{ т/добу}$$

де $t_д = 23$ – кількість годин безперервної роботи машини за добу.

Планова річна продуктивність папенроробної машини становить:

$$ПП = Q_д \times Теф = 289,9 \times 345 = 100\ 015\ т/рік$$

де Теф = 345 – кількість днів безперервної роботи машини за рік.

Для розпуску хвойної целюлози встановлюємо гідророзбивач типу ГРВн-64 , що має місткість ванни – 64 м^3, продуктивність від 300 до 640 т/добу, потужність електродвигуна 630 кВт.

Кількість гідрозбивачів типу ГРВн-64 розраховуємо за формулою:

$$\frac{П_{доб}}{П_{добГРВ-64}} = \frac{289,9}{330} \approx 1\ гідрозбивач$$

Для розпуску браку встановлюємо гідророзбивач типу ГРВн-6, що має місткість ванни 6 м^3, продуктивність від 18до 60 т/добу, потужність електродвигуна 75 кВт, діаметр отворів сита 3, 6, та 12 мм.

Кількість гідрозбивачів типу ГРВн-6 розраховуємо за формулою:

$$\frac{П_{доб}}{П_{добГРВ-6}} = 289.9\frac{0.0078}{18} = \approx\ 1\ гідрозбивач$$

Встановлюємо млини ANDRITZ TwinFlo Prime LC з натспуними технічними характеристиками:

- ✓ оптимальна робоча концентрація: 3 – 5%;
- ✓ потужність приводу: до 1500 кВт (залежно від конкретної конфігурації);
- ✓ виробнича потужність: до 300 тон на добу;
- ✓ регулювання міждискового зазору: забезпечується висока точність завдяки жорсткому з'єднанню ротора з валом.

Розрахуємо кількість млинів для хвойної сульфатної целюлози

Початковий ступінь млива становить 14 – 15 °ШР,

- кінцевий – 40 - 42 °ШР.

Приріст ступеня млива на кожному млині становить близько 8 °ШР.

$$\frac{СП_к - СП_п}{8} = \frac{42 - 15}{10} = 2,7 \approx 3 \text{ млини}$$

За добовою продуктивністю обираємо також установку вихрових конічних очисників марки УВК-300-02 []:

- ✓ продуктивність – 300 т/добу;
- ✓ пропускна здатність очисника – 400 л/хв;
- ✓ діаметр очисника – 160 мм;
- ✓ кількість очисників за ступенями – I – 114, II – 32, III – 6;
- ✓ секцій першого ступеня – 3;
- ✓ габаритні розміри: 7,90 × 5,33 × 3,15 мм;

Кількість установок вихрових конічних очисників марки УВК-300-02

$$\frac{П_{доб}}{П_{добУВК}} = \frac{289,9}{300} = 0,97 \approx 1 \text{ шт}$$

Виходячи з добової продуктивності папероробної машини, обираємо вузловловлювач ВЗ-15:

- ✓ продуктивність – 100 – 400 т/добу;
- ✓ площа сита – 5,60 м2;
- ✓ концентрація маси – 1,3 %;
- ✓ кількість лопатей – 6 шт.;
- ✓ частота обертання ротора – 210 хв-1;
- ✓ потужність електродвигуна – 75 кВт;
- ✓ габаритні розміри – 4,01 × 3,03 × 2,65 м;

$$\frac{П_{доб}}{П_{добВЗ-15}} = \frac{289,9}{400} = 0,72 \approx 1 \text{ вузлоуловлювач}$$

Обираємо вібраційну сортувалку ВС-0,5 [11], яка має наступні технічні характеристики:

- ✓ продуктивність – 7,5 – 15 т/добу;
- ✓ площа поверхні сита – 0,5 м^2;

- ✓ масова частка волокна на вході – 7,0 – 15 %;
- ✓ діаметр отворів сита – 3,0 – 5,0 мм;
- ✓ частота коливань сита – 2,7 мм;
- ✓ потужність електродвигуна – 0,75 кВт.

Кількість сортувалок ВС-0,5 розраховуємо за формулою:

$$\frac{П_{доб}}{П_{добСВ}} = \frac{0.0078 \cdot 289,9}{7.5} =\approx 1 \text{ сортувалка}$$

Встановлюємо пульсаційний млин МП-00, з такими технічним характеристиками

- ✓ продуктивність – 5 – 25 т/добу;
- ✓ діаметр ротора – 190 мм;
- ✓ кількість робочих зон – 3 шт.;
- ✓ частота обертання ротора – 3000 об/хв;
- ✓ габаритні розміри – 1,57 × 0,41 × 0,58 мм.

$$\frac{П_{доб}}{П_{добМП}} = \frac{0.0078 \cdot 289,9}{20} =\approx 1шт$$

5. ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА МІШКОВОГО ПАПЕРУ

Будівля папероробного цеху збірна залізобетонна і має два поверхи. Вона спирається на 55 колон із кроком 6 метрів. Загальні розміри будівлі:

- довжина – 330 м,
- ширина – 60 м,
- висота – 23,660 м.

Вікна у будівлі мають висоту 4 метри і ширину 3 метри. Двері в основному однопільні, шириною 0,9 метра. Під час монтажу обладнання враховано його прив'язку до конструкції будівлі.

Також передбачено монтажний отвір для проведення ремонтів та встановлено мостовий кран.

Фундамент – монолітний стовпчастий, із глибиною закладення 3,15 метра.

Передбачено побутові приміщення: кабінети для начальника цеху, технолога, керівника ремонтної служби, майстрів тощо. Площа кожного з них – від 9 до 12 м^2.

Підсобні приміщення в будівлі призначені для забезпечення належних побутових умов для працівників. Їх ширина становить 12 метрів, висота – 4,2 метра.

У душових, туалетах і роздягальнях передбачено штучне освітлення. В гардеробних кімнатах працівники зберігають особисті речі та спецодяг. Душові кімнати розміщуються поруч із гардеробними для зручності.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це фундаментальний елемент кожного виробничого процесу. Її головна мета - забезпечити безпечні та здорові умови праці для співробітників, а також запобігти виробничому травматизму та професійним захворюванням.

У паперовому виробництві, де застосовується складне високошвидкісне обладнання та присутні численні фізичні та хімічні ризики, питання охорони праці набувають особливого значення та вимагають посиленої уваги.

6.1 Мікроклімат робочої зони

У виробничих приміщеннях забезпечуються належні умови праці, що відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99. Встановлено наступні допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні:

- Оптимальна температура повітря: 22–24 °C.
- Відносна вологість: 40–60%.
- Швидкість руху повітря: до 0,3 м/с.

Проте, у сушильній частині машини спостерігається підвищена температура (до 35 °C) та вологість (до 75%), що перевищує допустимі норми. Для підтримки належних параметрів мікроклімату передбачено комплексні заходи:

Припливно-витяжна вентиляція встановлюється для забезпечення постійного обміну повітря.

Місцева витяжка потрібна для локального відведення надлишкового тепла та вологи.

Теплорекуператори - для повернення тепла та підвищення енергоефективності системи.

Кондиціонування у зонах керування для створення комфортних умов для операторів згідно ДСТУ EN ISO 7730:2019

6.2 Освітлення робочої зони

Освітлення робочих місць має важливе значення для збереження зору, зниження втомлюваності, підвищення точності та швидкості виконання трудових операцій, а також для профілактики професійних захворювань. Освітлення в приміщеннях виробництва повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»та ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць в приміщеннях».

Згідно з нормативними вимогами, у виробничих приміщеннях необхідно забезпечити оптимальне поєднання природного та штучного освітлення. При цьому пріоритет надається природному світлу. Такий підхід не лише сприяє значному зниженню витрат на електроенергію, але й створює більш комфортні та здорові умови для зору працівників.

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», виробничі приміщення повинні мати природне освітлення, якщо це не суперечить технології виробництва. Природне світло забезпечується через світлопрозорі конструкції — вікна, світлові ліхтарі тощо.

Штучне освітлення застосовується для забезпечення видимості у вечірній час або в приміщеннях, де природне освітлення недостатнє. Для робіт середньої точності мінімальний рівень освітленості становить 300 лк, для грубих робіт — 200 лк.

Штучне освітлення поділяється на:

- Робоче освітлення забезпечує необхідну освітленість робочої зони.
- Аварійне освітлення використовується в разі припинення подачі електроенергії.
- Евакуаційне освітлення забезпечує освітлення шляхів евакуації.
- Чергове (нічне) освітлення застосовується поза робочий час

Світильники мають забезпечувати рівномірний розподіл світлового потоку. Перевагу слід надавати джерелам світла з високою світловою ефективністю (наприклад, світлодіодні або люмінесцентні лампи). Також регламентовано гранично допустимий рівень пульсації світлового потоку — не

більше 10%. Перевищення цієї норми може викликати візуальний дискомфорт, головний біль та швидку втому працівників.

6.3 Шум та вібрації

У виробничих умовах підприємств целюлозно-паперової промисловості рівні шуму та вібрації можуть перевищувати нормативно допустимі значення, що негативно впливає на здоров'я працівників.

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99, рівень шуму на постійному робочому місці не повинен перевищувати 80–85 дБА, залежно від характеру роботи. Проте, у виробничих умовах паперового підприємства ці значення часто перевищуються, особливо поблизу сушильного обладнання, де рівень шуму може сягати 88–92 дБА.

Для зниження шкідливого впливу шуму на персонал передбачено:

- розміщення пультів керування в окремих ізольованих приміщеннях з низьким фоновим рівнем шуму;
- використання звукопоглинальних матеріалів на стінах та стелях виробничих цехів;

Згідно з вимогами ДСТУ EN 352-2:2018, при рівнях шуму, що перевищують 85 дБА, працівники мають бути забезпечені індивідуальними засобами захисту органів слуху. На підприємстві використовуються вкладиші протишумові, які відповідають технічним вимогам та забезпечують належне зниження шумового навантаження. Це дозволяє зменшити ризик розвитку професійної приглухуватості і забезпечити комфортніші умови праці на шумових ділянках.

Вібрація виникає внаслідок роботи обертових механізмів (наприклад, приводів сушильних циліндрів), а також через нерівномірність подачі сировини або зношення механічних вузлів.

Допустимі рівні вібрації встановлені гігієнічними нормативами ГН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми загальної та локальної вібрації».

Для зниження дії вібрації на робочих місцях реалізуються такі заходи:

- Установка віброізолюючих підкладок під основне устаткування.
- Технічне обслуговування механізмів для усунення дисбалансу обертових частин.
- Автоматизація та дистанційне керування, що обмежує тривале перебування працівників біля джерел вібрації.

Усі вібраційно-небезпечні ділянки мають бути відповідно позначені, а рівень вібрації на них — контрольований згідно з ДСТУ ISO 2631-1:2017 «Механічні коливання та удари. Оцінювання впливу вібрації загальної дії на людину

6.4 Електробезпека

Папероробне виробництво відноситься до категорії підприємств з підвищеною електронебезпекою через наявність великої кількості потужного електромеханічного обладнання, високовольтних двигунів, вологих умов експлуатації та металевих конструкцій. Відповідно до ДСТУ EN 50110-1:2019 та ДСТУ EN 61140:2019, для забезпечення безпеки працівників передбачені наступні заходи:

- Усі електроустановки підлягають регулярному технічному огляду та випробуванням;
- Електрообладнання заземлено відповідно до вимог ДСТУ IEC 60364-4-41:2022, забезпечено автоматичне відключення у разі замикання на корпус;
- Використовуються пристрої захисного відключення для захисту персоналу від ураження електричним струмом;
- На території підприємства встановлені інформаційні знаки безпеки згідно з ДСТУ ISO 3864-1:2005;
- До обслуговування електроустановок допускаються лише працівники з відповідною групою з електробезпеки;

- Організаційні заходи включають навчання персоналу з питань електробезпеки, проведення інструктажів та перевірки знань з присвоєнням відповідних груп з електробезпеки.

Відповідно до ДСТУ EN 61140:2019 «Захист від ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання», необхідно забезпечити надійне ізолювання струмопровідних частин, а також використовувати пристрої автоматичного вимкнення живлення при пошкодженні ізоляції. У вологих умовах рекомендовано використовувати електроінструменти, що працюють на зниженій напрузі, а також обладнання з подвійною або посиленою ізоляцією.

6.5 Пожежна безпека

Пожежна безпека на підприємствах целюлозно-паперової промисловості є одним із ключових аспектів забезпечення безпечних умов праці, оскільки у виробничому процесі активно використовуються горючі матеріали (целюлоза, папір, деревна маса, крохмаль), задіяні високотемпературні установки, утворюється пил, а також експлуатується значна кількість електрообладнання. Основні вимоги до забезпечення пожежної безпеки регламентуються ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва».

Приміщення паперового виробництва належать до категорії «В» за вибухопожежною та пожежною небезпекою, а зони з наявністю пилу — до категорії «Г». Найбільшу загрозу становлять сушильна частина папероробної машини, де працює обладнання при високих температурах. У таких умовах необхідно забезпечити належний рівень пожежного захисту.

Система пожежної безпеки на підприємстві має включати автоматичну пожежну сигналізацію з встановленням теплових і димових сповіщувачів у зонах підвищеного ризику, автоматичне оповіщення персоналу про пожежу, а також відповідну кількість первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників вуглекислотного або порошкового типу). У зонах високої пожежної небезпеки рекомендовано встановлювати спринклерні системи автоматичного

пожежогасіння. Плани евакуації повинні бути розміщені у доступних місцях, а всі проходи — позначені згідно з вимогами ДСТУ ISO 7010:2019.

Також обов’язковими є проведення первинного, повторного та позапланового інструктажу з пожежної безпеки для всіх працівників, організація періодичних навчань із використанням вогнегасників та відпрацюванням евакуації..

Особлива увага приділяється справному стану електрообладнання — регулярні перевірки та технічне обслуговування електромереж, щитків, автоматичних вимикачів і пристроїв захисту є обов’язковими. З метою зменшення ризику займання забороняється перевантаження електромереж, а також використання несправних приладів і несертифікованих подовжувачів.

ВИСНОВКИ

У межах дипломного проєкту було вивчено технологічний потік виробництва мішкового паперу марки М-78А із запланованою продуктивністю 100 тис. тонн на рік, що дозволяє частково задовольнити потреби внутрішнього ринку України в якісних пакувальних матеріалах.

Було запропоновано використання нового технологічного обладнання, а саме запропоновано використання пресової секції з башмачним пресом Tandem NipcoFlex, що забезпечує досягнення високої сухості паперового полотна після пресування (50 %), нанесення модифікованого крохмалю GROSIZE-200 взо ні клеїльних пресів підвищує міцність і водостійкість готового виробу. Для підготовки маси обрано сучасний дисковий млин TwinFlo Prime, який запропоновано з метою обробки довгих волокон. Для формування паперового полотна запропоновано синтетичну сітку WePack PRIME, яка забезпечує рівномірне зневоднення та стабільну якість продукції.

Наведено опис технологічних етапів, зокрема, процесів розмелювання, проклеювання та каландрування паперу.

Преведно розрахунок матеріального та теплового балансів. Для виготовлення 1 тонни повітряно-сухого паперу необхідно близько 970,92 кг абсолютно сухого волокна, 23,0 м³ води. Вимої волокна становлять 0,24 %. На виробництво 1 т готової продукції потрібно витратити 16917,61802 кг пари.

Здійснено вибір основного технологічного обладнання та наведено основні його технічні характеристики.

Наведено об’ємно-планувальне і конструктивне рішення будівлі цеху, загальні відомості про тип і характер виробничих будівель і споруд, описано генеральний план підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.researchandmarkets.com/reports/4591694/sack-kraft-paper-market-share-analysis?srsltid=AfmBOoprjx88B8u8I5w8T2FuPG5ztUp-UPk9ypXOWS1WgoT966-1-Kwt&utm_source

2. Фляте Д. М. Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 1988 – 440 с.

3. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.andritz.com/products-en/pulp-and-paper/twinflo-prime-refiner

4. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.andritz.com/products-en/pulp-and-paper/engineered-wear-products/wepack-forming-fabrics-services

5. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.voith.com/corp-en/papermaking/press-concepts.html

6. ДСТУ7796:2015 «Мішки паперові. Технічні умови» Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTU2/dstu_7796-2015.pdf.

7. Електронний ресурс. Режим доступу: https://pack.ua/uk/articles/ukraina/kiyevskaya-oblast/kiev/kraft-bumaga-tehnicheskie-harakteristiki-i-osobennosti-primeneniya-v-kieve

8. Bajpai, Pratima. Refining and Characterization of Pulp / Pratima Bajpai. – Amsterdam: Elsevier, 2021. – 250 c.

9. Roberts J. C. A review of advances in internal sizing of paper / J. C. Roberts // Bioresources. – 1997. – Vol. 1, No. 2. – P. 209–219. Електронний ресурс. Режим доступу: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2020/03/1997.1.209.pdf

10. Browne, T.C., Crotogino, R.H. Future Directions in Calendering Research / T.C. Browne, R.H. Crotogino // In: Baker, C.F. (ed.) The Science of Papermaking. – Manchester: FRC, 2001. – P. 1001–1036. Електронний ресурс. Режим доступу: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2020/03/2001.2.1001.pdf

11. Жудро С.Г. Технологическое проектирование целлюлозно-бумажных предприятий. Изд. 2-е, переработ. – М.: «Лесная промышленность», 1970. – 224 с.

12. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону: Навчальний посібник для вузів. –Київ: ЕКМО, 2002. – 396 с.

13. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.gromotech.in/grosize-200-for-spray-and-sizing-of-paper-paper-industry.php?utm_source

14. Плосконос В. Г., Примаков С. П., Черьопкіна Р. І., Антоненко Л. П., Мовчанюк О. М. Технологія паперу та картону: метод. вказівки до виконання розрахунків матеріального балансу води і волокна для студентів напряму підготовки 0513 – хімічна технологія програми професійного спрямування "Хімічна технологія переробки деревини та рослинної сировини" – К.: НТУУ "КПІ", 2011 – 66 с.

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
Елем.	Найменування	Кл.	Прим.
	Експлікація		
1	Гідророзбивач для хвойної целюлози ГРВн-64	1	
2	Басейн розпущеної маси	1	
3	Дисковий млин TwinFlo Prime LC	3	
4	Композиційний басейн	1	
5	Машинний басейн	1	
6	Бак постійного рівня	1	
7	Змішувальний насос №2	1	
8	Установка вихрових очисників УВК-300-02	1	
9	Змішувальний насос №1	1	
10	Вузловловлювач ВЗ-15	1	
11	Вібраційна сортувалка ВС-0,5	1	
12	Напірний ящик	1	
13	Грудний вал	1	
14	Формувальна дошка	1	
15	Гідропланки	10	
16	Відсмоктувальні ящики	10	
17	Гауч-вал	1	
18	Вакуум-пересмоктуючий пристрій	1	
19	Пресова частина	1	
20	Сушильні циліндри	56	
21	Клеїльний прес	1	
22	Холодильні циліндри	2	
23	Шестивальний каландр	1	
24	Накат	1	
25	Позвдожньо-різальний верстат	1	
26	Гідророзбивач ГРВ – 6	1	
27	Басейн розпущеної маси	1	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дипломний проект		
Розроб.		Склярова А.М			Пояснювальна записка	Літ.	Арк. 1 / Аркушів 2
Перевір.		Трембус І.В.					
Реценз.						НТУУ «КПІ» ІХФ, ЛЦ-11	
Н. Контр.							
Затверд.							

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
28	*Пульсаційний млин МП-00*	1	
29	*Шаберний згущувач*	1	
30	*Басейн обігового браку*	1	
31	*Гауч-мішалка*	1	
32	*Дисковий фільтр*	1	
33	*Басейн освітлених вод*	1	
34	*Басейн регістрових вод*	1	