

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гомеля

« ____ » _____ 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності - 161 Хімічні технології та інженерія

на тему: «Технологічний потік виробництва паперу пакувального»

ВиконаЛА:

студентКА IV курсу, групи ЛЦ-11 Степанишина Аліса Олександрівна _____

Керівник:

доц., к.т.н., Черьопкіна Р.І. _____

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

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП 1118. 00.003 ПЗ	Пояснювальна записка	79	
3	A1	ДП 1118. 01.003 ТК	Технологічна схема	1	
4	A1	ДП 1118. 02.003 ТК	План цеху	1	
5	A1	ДП 1118. 03.003 ТК	Поперечний розріз	1	
6	A1	ДП 1118. 04.003 ТК	Поздовжній розріз	1	
7	A1	ДП 1118. 04.003 ТК	Зведений матеріальний баланс	1	

	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Степанишина А.О.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Черьопкіна Р.І.				1	1
Заф.каф.	Гомеля М.Д.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. Е та ТРП Гр. ЛЦ-11	

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

Інститут/факультет інженерно-хімічний
(повна назва)

Кафедра екології та технології рослинних полімерів
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший бакалаврський

Спеціальність – 161 Хімічні технології та інженерія
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.Д. Гомеля

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«___» _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту**

Степанишиній Алісі Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Технологічний потік виробництва паперу пакувального»
керівник проекту Черьопкіна Романія Іванівна, к.т.н., доц
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

Строк подання студентом проекту (роботи) 16 червня 2025 р.

2. Вихідні дані до проекту (роботи) картон з первинного волокна

3. Зміст (дипломного проекту) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Обґрунтувати композицію паперу пакувального та вмісту обгортки кукурудзи в його складі, надати опис технологічної схеми, розрахувати матеріальний баланс витрат води і волокна та тепловий баланс процесу сушіння паперу, описати основні процеси, що відбуваються під час виробництва, навести будівельну частину, охарактеризувати заходи 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 і волокна

5. Консультант розділів проєкту

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 03 травня 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання	02.05.2025	
2	Розроблення технологічної схеми	02.05.2025–23.05.2025	
3	Технологічна частина	23.05.2025–28.05.2025	
4	Розрахункова частина	23.05.2025–28.05.2025	
5	Оформлення графічної частини	01.06.2025–03.06.2025	
6	Будівельна частина	03.06.2025– 05.06.2025	

Студент

(підпис)

А.О. Степанишина

(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Р.І. Черьопкіна

(ініціали, прізвище)

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: Технологічний потік виробництва паперу пакувального

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект: 79 стор., 5 табл., 1 рис., 29 першоджерел, 1 додаток

У дипломному проєкті розглянуто технологічний потік виробництва паперу з подовженим терміном зберігання, призначеного для пакування архівної документації в бібліотеках та установах. Запропоновано однопотокову схему з використанням невібіленої сульфатної целюлози (80 % хвойної, 15 % листяної, 5 % целюлози з обгортки кукурудзи). Проведено вибір і обґрунтування основного технологічного обладнання, описано процеси розмелювання, формування полотна, пресування та сушіння. У роботі також розраховано матеріальний і тепловий баланс. Описано вимоги до сировини та готової продукції відповідно до чинних стандартів. Особливу увагу приділено питанням охорони праці та будівельного планування цеху. Результати можуть бути використані для модернізації виробництва паперу з тривалим терміном зберігання.

ПАПІР З ТРИВАЛИМ ТЕРМІНОМ ЗБЕРІГАННЯ, ЦЕЛЮЛОЗА З ОБГОРТКИ КУКУРУДЗИ, ПРОКЛЕЮВАННЯ У СЛАБОЛУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ, ЛУЖНИЙ РЕЗЕРВ, КАРБОНАТ КАЛЬЦІЮ, АНТРАХІНОН, КОНТАКТНЕ СУШІННЯ.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічний потік виробництва паперу пакувального			Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Степанишина								
Перевірив		Черьопкіна Р.І.							6	
Реценз.								КПІ ім. Сікорського, ІХФ, гр. ЛЦ-11		
Н. Контр.										
Затверд.		Черьопкіна Р.І.								

ABSTRACT

Diploma project: 79 pages, 5 tables, 1 figures, 29 primary sources, 1 appendix

The thesis project considers the technological flow of paper production with an extended shelf life, intended for packaging archival documentation in libraries and institutions. A single-stream scheme using unbleached sulfate pulp (80% softwood, 15% hardwood, 5% corn husk pulp) is proposed. The selection and justification of the main technological equipment is carried out, the processes of grinding, web formation, pressing and drying are described. The work also calculates the material and heat balance. The requirements for raw materials and finished products are described in accordance with current standards. Special attention is paid to issues of occupational safety and construction planning of the workshop. The results can be used to modernize the production of paper with a long shelf life.

LONG-SHELF PAPER, CORN HANGING CELLULOSE, SIZING IN A WEAK ALKALINE ENVIRONMENT, ALKALINE RESERVE, CALCIUM CARBONATE, ANTHRACHINONE, CONTACT DRYING.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ	11
2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАКУВАЛЬНОГО ПАПЕРУ З ПОДОВЖЕНИМ ТЕРМІНОМ ЗБЕРІГАННЯ	14
2.1 Характеристика сировини, хімікатів і готової продукції.....	14
2.2 Технологічна схема та її опис	19
2.3 Теоретичні основи процесів розмелювання, формування, пресування та сушіння.....	23
3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ	39
3.1 Блок-схема балансу води і волокна.....	39
3.2 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу	40
3.3 Розрахунок матеріального балансу волокна та води.....	42
4 ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	62
4 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	69
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	71
ВИСНОВКИ	76

ВСТУП

В умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та цифровізації, значна частина ділової та архівної документації продовжує зберігатися у паперовому вигляді. Особливу цінність у цьому контексті має архівний папір — матеріал, призначений для тривалого зберігання документів у архівах, бібліотеках, державних і приватних установах. Його головна функція — забезпечення збереження важливих відомостей протягом десятиліть, а іноді й століть, без втрати читабельності чи структурної цілісності.

Архівний папір повинен відповідати підвищеним вимогам до механічної міцності, стійкості до старіння, дії світла, вологи та мікроорганізмів. У зв'язку з цим, у виробництві даного типу паперу особливу увагу приділяють вибору сировини, хімічному складу, кислотно-лужному балансу, а також технології виробництва — від розмелювання волокна до сушіння та пакування.

Збереження архівних документів забезпечується застосуванням спеціального пакувального паперу, який має бути пористим, хімічно активним і стійким до механічних навантажень. Його структура дозволяє поглинати шкідливі речовини з навколишнього середовища, зокрема діоксид сірки, який сприяє кислотному старінню паперу. Таким чином, всередині обгортки формується сприятливий мікроклімат, що значно сповільнює процеси деградації. Хоча з часом пакувальний матеріал сам піддається старінню, він виконує роль своєрідного бар'єра, зберігаючи документи в оптимальному середовищі та подовжуючи їхній термін збереження.

Окремим напрямом розвитку є використання відновлюваної та екологічно безпечної сировини, зокрема волокон з однорічних рослин. Такий підхід сприяє формуванню стійкої моделі виробництва з мінімальним екологічним навантаженням.

Сучасна целюлозно-паперова промисловість, у тому числі в Україні, демонструє зростаючий інтерес до архівного паперу та паперу для його

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пакування як до сегменту з високим рівнем технологічної складності, але й зі стабільним попитом. Перспективи розвитку пов'язані із впровадженням енергоефективних рішень, удосконаленням обладнання, модернізацією технологій та орієнтацією на міжнародні стандарти довговічності та якості.

Ця дипломний проєкт присвячено проєктуванню технологічного потоку виготовлення пакувального архівного паперу, із застосуванням сучасного волокнистого складу та з урахуванням вимог чинних нормативних документів.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

У процесі створення будь-якого виду паперу ключову роль відіграє правильно спроектована технологічна схема, що визначає послідовність і особливості перетворення сировини в готову продукцію. Особливо це стосується паперу з подовженим терміном зберігання, який застосовується для архівного пакування документів у бібліотеках, архівах, державних установах. Саме тому обґрунтування вибору етапів виробництва, устаткування, допоміжних систем та технологічних параметрів є критично важливим для досягнення цільових характеристик паперу.

Папір, призначений для архівного пакування, має відповідати особливо суворим вимогам щодо довговічності, стабільності розмірів, стійкості до старіння, вологості, впливу світла та мікроорганізмів. Для досягнення таких властивостей необхідно не лише використати сировину з низьким вмістом лігніну, але й оптимізувати сам технологічний процес: від розмелювання волокна до кінцевого сушіння та намотування в рулони.

Розробка технологічної схеми передбачає врахування фізико-хімічних характеристик усіх компонентів сировинної композиції: невібіленої хвойної целюлози, невібіленої листяної целюлози, а також волокон з обгортки кукурудзи. Кожен з цих матеріалів має свою специфіку фібриляції, довжини волокон, вмісту залишкового лігніну й зольності, що напряму впливає на вибір млинів, тривалість розмелювання, спосіб змішування та додаткову обробку.

Окрему увагу приділено етапу обробки маси в композиційному басейні, де відбувається введення наповнювачів і додаткових функціональних речовин, таких як модифікований крохмаль і карбонат кальцію. Це дозволяє забезпечити потрібний лужний резерв та підвищити щільність і міцність паперу без використання вибілювачів чи синтетичних домішок.

Лужний резерв — це вміст у структурі паперу лужних сполук, які здатні нейтралізувати кислоти, що можуть утворитися або потрапити до

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

волокнистої системи впродовж терміну зберігання. Основне призначення лужного резерву полягає в стабілізації кислотно-лужного балансу паперу, запобіганні гідролітичному руйнуванню целюлози та продовженні строку збереження документів. Як правило, для формування резерву до паперової маси додають карбонат кальцію (CaCO_3), який виконує роль буферного компонента. Наявність лужного резерву є обов'язковою вимогою для архівного та бібліотечного паперу згідно з чинними міжнародними та національними стандартами (наприклад, ISO 9706), оскільки забезпечує його хімічну стабільність упродовж тривалого терміну експлуатації.

Обґрунтування вибору конкретних видів устаткування — гідророзбивачів, млинів, сортувальних та фільтраційних систем, папероробної машини з відповідною пресою частиною — також базується на необхідності досягнення високої однорідності маси, стабільного формування полотна, зменшення браку та енерговитрат.

Таким чином, проектування технологічної схеми є не лише технічним завданням, а й комплексною інженерною задачею, що охоплює логіку побудови всього виробництва, дотримання вимог до готової продукції та сучасних принципів сталого розвитку. Раціонально побудована схема дозволяє забезпечити відповідність паперу міжнародним стандартам довговічності (зокрема ДСТУ EN ISO 9706:2008), мінімізувати втрати сировини та енергоресурсів, а також досягти стабільної якості в серійному виробництві.

Також при розробці сировинної композиції було враховано доцільність використання недеревної рослинної сировини. З цією метою в склад паперової маси запропоновано додати 5% целюлози з обгортки кукурудзи, що є агровідходом. Таке рішення було прийнято на основі проведених досліджень, у межах яких порівнювали два способи варіння сировини: звичайне натронне варіння і натронне варіння з додаванням 0,1% антрахінону як каталізатора.

Результати досліджень наведено в таблиці 1.1.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Хімічний склад целюлози після варіння

Показник	Натронне варіння	Натронне варіння + 0,1% антрахінону
Вихід, %	47,2	34,2
Вміст лігніну, %	3,5	3,05
Альфа-целюлоза, %	50,2	56,5
Екстрактивні речовини, %	1,39	2,84
В'язкість, мП	17472,6	12630,5
Ступінь полімеризації	1148,25	1089,36

За основними технологічними показниками — зокрема за вмістом альфа-целюлози, ступенем делігніфікації та полімеризації — більш придатною для виробництва пакувального архівного паперу виявилась целюлоза, отримана саме з додаванням каталізатора. Хоча показники міцності паперу після варіння в обох випадках були досить близькими, на користь каталізованого варіанту свідчать вища чистота волокна та стабільніші властивості при зберіганні.

Саме тому у дипломному проєкті обрано добавку 5% такої целюлози до основної маси. Це дозволяє частково замінити деревну сировину на поновлювану, не погіршуючи довговічності паперу. При цьому така частка недеревного волокна не впливає негативно на формування полотна чи механічні властивості, а навпаки — сприяє кращому ущільненню структури аркуша.

2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАКУВАЛЬНОГО ПАПЕРУ З ПОДОВЖЕНИМ ТЕРМІНОМ ЗБЕРІГАННЯ

2.1 Характеристика сировини, хімікатів і готової продукції

Якість паперу з подовженим терміном зберігання значною мірою залежить від фізико-хімічних характеристик волокнистої сировини, з якої його виготовляють. З огляду на специфіку використання — зберігання документів у бібліотеках, архівах, канцеляріях — пріоритетними є натуральні, хімічно стійкі й екологічно безпечні матеріали, без вибілювання хлором та агресивних домішок. У цій роботі передбачено використання невибіленої волокнистої сировини: хвойної та листяної сульфатної целюлози, а також волокна з однорічних рослин.

Склад маси, що використовується для виготовлення пакувального паперу для довготривалого зберігання документів на паперовій основі:

- 80 % — невибілена хвойна сульфатна целюлоза марки НБСК (невибілена BSKP);
- 15 % — невибілена листяна сульфатна целюлоза (аналог марки NBHKP);
- 5 % — невибілена целюлоза з обгортки кукурудзи

Кожен волокнистий компонент забезпечує свою функцію у структурі паперу: хвойна — міцність, листяна — гладкість і рівномірність, целюлоза з однорічних рослин — екологічність та економічність.

Вимоги до хвойної целюлози (НБСК)

Невибілена хвойна сульфатна целюлоза марки НБСК виготовляється переважно із сосни або ялини сульфатним способом. Вимоги до неї визначаються згідно ISO 302:2015 та ТУ У 21.1-31953985-007:2010.

Основні вимоги:

- масова частка повітряно-сухої речовини, не менше 89 %;
- вміст золи, не більше 0,4 %;

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- число Каппа (залишковий вміст лігніну), 8 – 14;
- рН водного екстракту: 6,0–7,5;
- Довжина волокон: 2,5–3,5 мм;
- Колір: природний світло-бурий або сіруватий.

Вимоги до листяної целюлози (НВЛЦ)

Невибілена листяна целюлоза (аналог NBHKP) зазвичай виготовляються з берези або тополі. Вона має коротші волокна, які сприяють ущільненню структури паперу й поліпшують його зовнішній вигляд. Характеристики згідно з ISO 5269-1 і ISO 287:2017:

- масова частка повітряно-сухої речовини, не менше 90 %;
- число Каппа, до 10;
- вміст золи, до 0,5 %;
- довжина волокон, 0,6 – 1,2 мм;
- вміст альфа-целюлози, не менше 85 %;
- рН: 6,5–7,5.

Вимоги до волокна з обгортки кукурудзи

Целюлоза з обгортки кукурудзи — це альтернативне джерело волокна, яке має добру фібриляцію й високу сумісність із деревними волокнами.

- вміст золи, не більше 1,5%;
- довжина волокон, 1,0 – 1,8 мм;
- число Каппа, 12 – 18 (вищий, ніж у деревної сировини);
- вологість, до 12 %;
- підвищена гнучкість і біорозкладність.

У виробництві паперу з подовженим терміном зберігання, призначеного для архівного пакування документів, хімічні добавки відіграють критично важливу роль. Їх використання дозволяє забезпечити відповідність продукції вимогам довговічності, механічної міцності, стабільності до впливу

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зовнішніх чинників та збереження фізико-хімічних властивостей упродовж десятиліть. До таких добавок належать насамперед модифікований крохмаль (як аппретуючий компонент) та кальцій карбонат (як наповнювач і джерело лужного резерву).

Вимоги до модифікованого крохмалю

Модифікований крохмаль використовується для підвищення внутрішньої міцності паперу, покращення формування міжволоконних зв'язків і зменшення пиловиділення. У порівнянні з нативним, він має кращу розчинність, стабільність при високих температурах і кращу здатність до взаємодії з волокнами целюлози. Згідно з ДСТУ 7702:2015 «Крохмаль модифікований. Технічні умови», основні вимоги до даного компонента включають:

- Масова частка сухих речовин: не менше 85%;
- Вологість: не більше 12%;
- Зольність (в перерахунку на суху речовину): не більше 0,3%;
- Значення рН у водній суспензії (1% розчин): 5,0–7,5;
- Вміст клейстеризованого крохмалю (ступінь розчинності): не менше 95%;
- Температура початку клейстеризації: 58–65 °С.

Для цього виду паперу рекомендовано використовувати катіонний модифікований крохмаль торгової марки САТО® 245 (виробник: Lyskeby, Швеція), що має високу ступінь взаємодії з аніонними компонентами маси та сприяє утворенню щільного полотна.

Застосування нативного крохмалю не дозволяє досягти стабільного ефекту у вологому середовищі, а також значно поступається за адгезійними властивостями. Модифіковані крохмалі краще утримуються на волокнах навіть при інтенсивному зневодненні й сушінні.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Вимоги до кальцій карбонату (CaCO_3)

Кальцій карбонат відіграє подвійну роль у виробництві пакувального паперу: по-перше, як наповнювач, він забезпечує непрозорість і певну білизну паперу; по-друге, він виконує функцію лужного резерву, нейтралізуючи кислі продукти деградації, що можуть виникати протягом тривалого зберігання. Відповідно до ДСТУ EN 1018:2017 «Хімікати, що використовуються для очищення води, призначеної для споживання людиною. Кальцій карбонат», до продукту висуваються такі вимоги:

- Вміст основної речовини CaCO_3 : не менше 97%;
- Вміст нерозчинного у воді осаду: не більше 0,05%;
- Вміст вільних кислот і лугів: відсутній;
- Вологість: не більше 1,0%;
- Розмір частинок (фракція): до 10 мкм для паперової промисловості;
- рН 10% водної суспензії: у межах 8,5–9,5.

Найбільш придатною є форма осажденного карбонату кальцію (РСС), який має високу ступінь чистоти, рівномірну морфологію частинок і добре утримується в структурі волокон. Рекомендована торгова марка — ALBACAR® НО (виробник: Specialty Minerals Inc., США), що широко використовується в європейській та українській паперовій промисловості.

Наявність CaCO_3 у складі паперу дозволяє досягти відповідності стандарту ДСТУ EN ISO 9706:2008, де визначено мінімальний вміст лужного резерву в розмірі не менше 2% у перерахунку на CaCO_3 . Це забезпечує стійкість паперу до окислення і стабільну кислотно-лужну рівновагу впродовж 50 і більше років зберігання.

Вимоги до готового паперу

Оскільки папір призначений для пакування та довготривалого зберігання документів на паперовій основі, повинен відповідати ДСТУ EN ISO

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9706:2008, а також технічним вимогам, що регламентують механічну міцність і стійкість до старіння.

Основні нормативи:

- маса 1 м², не менше 100 г/м²;
- рН водного екстракту, 7,5 – 10;
- лужний резерв (CaCO₃), не менше 2 %;
- міцність на розрив (ISO 1924-2), не менше 4,5 кН/м;
- опір роздиранню (ISO 1974, Elmendorf),
 - по машинному напрямку — не менше 300 мН;
 - по поперечному напрямку — не менше 400 мН;
- кількість подвійних перегинів (ISO 5626), не менше 15 перегинів у машинному напрямку;
- зольність, не більше 1,0 %.

Особливо важливими є відсутність кислотних залишків, стійкість до грибкових уражень і атмосферного впливу, що є критичними умовами для тривалого зберігання архівних матеріалів.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Технологічна схема та її опис

На рисунку 2.1 наведено технологічну схему виробництва.

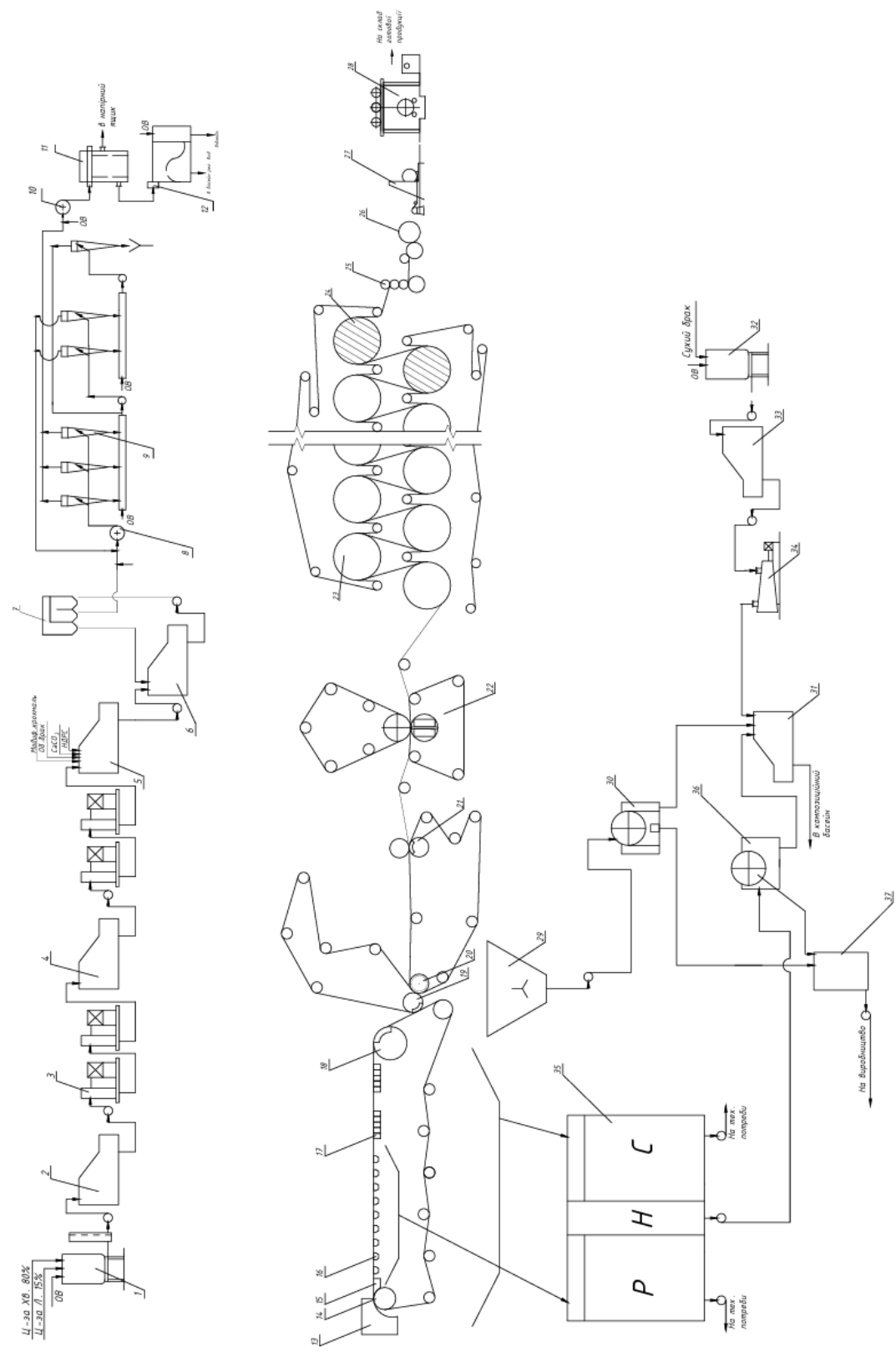


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва паперу

Технологічна схема виробництва паперу, який буде використано для виготовлення конвертів, які використовуються для довгострокового зберігання паперових та пергаментних документів розпочинається з підготовки волокнистої сировини у вигляді целюлози невібіленої із хвойних, листяних порід деревини та однорічних рослин. До гідророзбивача вертикального (1) подається 80% хвойної та 15% листяної целюлози. У гідророзбивачі целюлоза піддається розпусканню під дією механічних сил, що створюються ротором. Отримана розволокнена маса через витратомір надходить у басейн для акумулювання (2), де забезпечується її тимчасове зберігання та вирівнювання концентрації.

З басейна маса подається на здвоєні дискові млини (3) для фібрилювання. Процес фібрилювання відбувається у водному середовищі, яке ефективно впливає на підвищення ступеня набухання волокон. Це дозволяє легше проводити розділення окремих волокон на фібрили і досягти необхідного ступеня млива — $40 \pm 2^\circ$ Шоппер-Ріглера. Після першої пари млинів маса перекачується в проміжний басейн (4), звідки — на другу пару млинів. Періодична дія млинів забезпечує поступове досягнення необхідної якості волокна без надмірного його укорочування. Після досягнення необхідного ступеня млива маса надходить до композиційного басейна (5).

Для створення композиції паперу у композиційний басейн подається модифікований крохмаль для проклеювання, що підвищує щільність та покращує поверхневу міцність паперу, а також наповнювач - карбонат кальцію (CaCO_3) у вигляді хімічно осадженої крейди для створення слабо лужного середовища, необхідне для підвищення довговічності паперу. До композиції також додається рідким потоком целюлозу з обгортки кукурудзи в кількості 5 %.

Отримана маса надходить у машинний басейн (6), де підтримується рівномірна концентрація і запас для безперебійної роботи потоку. Далі через бак постійного рівня маса (7) за допомогою змішувального насоса (8) направляється на очищення. Система очищення складається з трьох ступенів

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

центриклинерів (9). Між кожним ступенем очищення передбачено деаератори, що усувають повітряні включення з маси. Це важливо для забезпечення високої якості полотна та уникнення дефектів.

Після очищення маса проходить через вузлоуловлювач (11), де затримуються грубі волокнисті включення, які направляється на вібраційну сортувалку (12). Концентрація маси в цьому вузлі, зазвичай, становить близько 0,8 – 1,2 %. Відсортована маса направляється у напірний ящик, який встановлено перед сітковим столом.

Формування полотна відбувається на сітковому столі папероробної машини. Рух маси починається із напірного ящика (13), далі випускається на сітку, поверх формувальної дошки (15). Під дією вакууму та гравітації відбувається зневоднення волокнистої суспензії на реєстрових валиках (16). Сітковий стіл обладнаний направляючими, відсмоктувальними ящиками (17), що забезпечують ефективне видалення води та початкове формування паперового полотна.

Далі полотно із сухістю 20 % переходить у пресову частину за допомогою пік-ап вала (19). Воно поступає до комбінованого преса з двома сітками (20). Ця пресова частина забезпечує початкове механічне зневоднення. Далі встановлено відсмоктувальний прямий прес (21) та башмачний прес (22), що забезпечує найефективніше зневоднення завдяки великій площі контакту та рівномірному тиску.

Після пресової частини 47–50% папір надходить у сушильну частину (23), яка складається з 20 сушильних та 2 холодильних циліндрів (24) діаметром 1500 мм. Сушильні циліндри рівномірно нагрівають аркуш, забезпечуючи повне видалення залишкової вологи. Холодильні циліндри стабілізують температуру перед подальшими операціями.

Наступним етапом є каландрування (25), де поверхня паперу вирівнюється та ущільнюється. Для даного типу паперу доцільно використати м'який каландр, що забезпечить необхідний рівень гладкості без зниження пористості. Потім папір подається на накат (26) та на поздовжньо-

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різальний верстат (27), де його розрізають на відповідні формати. Заключним етапом є бабіно-пакувальна машина (28), де відбувається формування рулонів або листів та пакування їх для зберігання або транспортування.

Сухий брак, що виникає під час обривів полотна або технологічних збоїв, повертається до повторного розволокнення. Через гідророзбивач (32) потрапляє до акумуляційного басейну (32), звідки подається на пульсаційний млин (33) для додаткового розпуску волокна. Мокрий брак, який утворюється на ранніх стадіях (наприклад, Під час запуску машини), відправляється у гауч мішалку (29), де розбавляється водою, згущується (30) та знову подається у потік. Обігова вода після сіткового столу збирається у басейн підсіткових вод (35) і частково повертається в процес, проходячи дисковий фільтр (36) та басейн освітлених вод (37), що зменшує витрати свіжої води та знижує навантаження на очисні споруди.

Загалом, технологічна схема забезпечує повний цикл перероблення мокрого та сухого браку з мінімальними втратами, високою ефективністю використання ресурсів і стабільною якістю продукції, що відповідає вимогам до паперу для пакування з тривалим зберіганням.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Теоретичні основи процесів розмелювання, формування, пресування та сушіння

Розмелювання волокнистих напівфабрикатів

Розмелювання є ключовим етапом у технології виготовлення паперу, який суттєво впливає на структуру, механічні властивості й зовнішній вигляд готової продукції. Крім того, саме цей процес є одним із найенергоємніших у виробництві, тому його ефективність визначає і якість паперу і економічні показники роботи підприємства.

Основна мета розмелювання полягає у зміні морфології волокон: надання їм гнучкості, пластичності, підвищення гідратації, розвиненості поверхні та створення умов для формування більшої кількості водневих зв'язків у готовому папері. Це досягається за рахунок часткового розщеплення зовнішніх шарів волокон (первинної стінки та шару S1), а далі — поступового фібрилювання шару S2. [26]

Процес розмелювання відбувається у водному середовищі і вода відіграє в ньому не лише роль транспортного середовища, а й бере участь у хімічних та фізичних взаємодіях. Зокрема, гідроксильні групи води можуть формувати водневі зв'язки з аналогічними групами на поверхні целюлозних волокон, сприяючи їхньому набряканню та гідратації. Вологе середовище також пом'якшує волокна, знижуючи ризик надмірного подрібнення.

Під час розмелювання первинно розщеплюються слабозв'язані поверхневі оболонки волокон, тоді як внутрішні, багаті на лігнін, залишаються стійкішими до механічного впливу. Це пояснюється тим, що лігнін є більш жорстким і гідрофобним полімером, який знижує здатність волокна до набрякання та фібрилювання. Тому волокна з високим вмістом лігніну (наприклад, напівхімічна деревна маса) потребують інтенсивнішого розмелювання або додаткової попередньої обробки.

Розмелювання здійснюється в млинах дискового типу, де суспензія проходить між роторами і статорами з перехресно розміщеними ріжучими краями. У залежності від зазору між робочими поверхнями відбувається або

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вкорочення волокон (при малому зазорі), або їхнє фібрилювання й поздовжнє розщеплення (при більшому зазорі). Від вибраного режиму залежать такі показники паперу, як розривна довжина, опір роздиранню, щільність і гладкість.

Проклеювання в масі

Проклеювання паперу в масі є одним із ключових етапів, що визначає його експлуатаційні властивості, зокрема опір проникненню води, чорнил, клеїв і атмосферної вологи. Цей процес особливо важливий для пакувального паперу, адже від проклеювання залежить не лише якість поверхні, а й її стійкість до старіння.

У даному проєкті використовується проклеювання в масі в умовах слаболужного середовища. Такий підхід обрано з огляду на вимоги до тривалого зберігання паперу, адже лужне середовище сприяє стабільності целюлози і знижує ризик її гідролітичного руйнування. Для досягнення бажаного ефекту застосовується модифікований крохмаль, який відрізняється від нативного поліпшеною розчинністю у воді, підвищеною реакційною здатністю та кращою здатністю до взаємодії з волокном.

На відміну від традиційного кислотного проклеювання (наприклад, на основі каніфольних смол), слаболужне проклеювання дозволяє зберегти лужний резерв у папері, що є обов'язковою вимогою для архівної продукції відповідно до стандарту ISO 9706. При цьому структура волокна не зазнає деструктивного впливу кислоти, а зносостійкість і механічна міцність листа залишаються стабільними впродовж десятиліть.

Модифікований крохмаль, який вводиться в масу, проходить попередню термічну обробку до часткової клейстеризації, після чого у вигляді колоїдного розчину подається до композиційного басейну. Далі відбувається його сорбція на поверхні волокон, причому в слаболужному середовищі ($\text{pH} \approx 7,5\text{--}8,0$) активується процес формування водневих зв'язків між гідроксильними групами крохмалю та поверхневими групами целюлози. За

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наявності іонів кальцію (що присутні в CaCO_3) можливе також утворення координаційних зв'язків, які зміцнюють структуру плівки, що утворюється на поверхні волокна.

У результаті такого проклеювання папір набуває рівномірної гідрофобної поверхні, що не заважає повітрообміну, але значно зменшує проникнення вологи. При цьому не використовуються синтетичні смоли чи активні поверхнево-активні речовини, що відповідає вимогам до екологічної чистоти та архівної безпечності продукції.

Формування паперового полотна

Після досягнення необхідного ступеня млива волокниста маса подається на сіткову частину папероробної машини, де відбувається формування паперового полотна. Тут волокна з водного середовища осаджуються на рухому сітку, при цьому вода фільтрується крізь сіткову тканину, а волокна утворюють первинний шар.

Формування є важливим процесом, оскільки саме на цьому етапі визначається внутрішня структура паперу, його однорідність, напрям волокон, а також наявність потенційних дефектів. Якість формування залежить від рівномірності розподілу суспензії, швидкості сітки, в'язкості маси та ступеня її флокуляції.

Застосування гідропланок, вакуумних камер, відсмоктувальних ящиків і реєстрових валиків дозволяє досягнути необхідного рівня зневоднення, формування щільного і однорідного шару. Важливо уникати сегрегації наповнювачів та утворення зон нерівномірної товщини.

Фізичні властивості паперу, зокрема гладкість, непрозорість, міцність на злам і витривалість у машинному та поперечному напрямках, прямо залежать від параметрів цього процесу.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пресування

Пресування — це механічне зневоднення паперового полотна, яке здійснюється після сіткового столу й перед сушильною частиною. Пресова частина машини складається з валів, між якими проходить полотно, при цьому частина води витискається й поглинається фетровими сукнами.

Наша пресова система включає:

1. Комбінований прес, що складається з валу з пересмоктувальною камерою та жолобчастого валу;
2. Прямий односітковий прес з вакуумною камерою;
3. Башмачний прес типу NircoFlex з гнучким регулюванням тиску.

Пресування не тільки зменшує вологість (до 47–50% після останнього етапу), але й:

- покращує міжволоконні зв'язки;
- підвищує гладкість і однорідність полотна;
- сприяє вирівнюванню товщини.

Однак надмірне ущільнення може негативно вплинути на об'ємну масу та пористість паперу, тому вибір конфігурації й тиску є критичним. Башмачний прес є особливо ефективним для тонкого або щільного паперу, оскільки забезпечує рівномірне зневоднення без перевантаження волокон.

Сушіння

Сушіння — завершальний етап виготовлення паперу, мета якого — видалити залишкову вологу до рівня 4 – 8 % і закріпити фізичні властивості полотна. Сушильна частина машини складається з ряду обігрітих парою циліндрів, які проходить папір у натягнутому стані.

У нашому варіанті застосовується система з 20 сушильних та 2 холодильних циліндрів, кожен з яких має діаметр 1500 мм. Температурний режим підтримується в межах 110 – 130 °С, а загальна довжина сушильної частини дозволяє забезпечити достатній час для термічного впливу.[26]

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час сушіння відбувається:

- зменшення вологості до 5 – 6 %;
- фіксація мікроструктури волокон;
- стабілізація розмірів та усунення залишкових деформацій.

Недостатнє або надмірне сушіння призводить до дефектів: ламкості, скручування, зниження адгезії або зменшення прозорості. Для пакувального архівного паперу особливо важливо уникати температур, що можуть викликати пожовтіння або деградацію лужного резерву.

Таким чином, кожен технологічний етап — від розмелювання до сушіння — формує ті чи інші ключові параметри паперу. У випадку з архівним пакувальним папером особливо важливо дотримуватися делікатного балансу: забезпечити міцність, довговічність, стабільну щільність і нейтрально-лужне середовище без зайвого ущільнення або пошкодження волокон.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ

3.1 Блок-схема балансу води і волокна

Блок-схему для розрахунку матеріального балансу зображено на рис. 3.1.

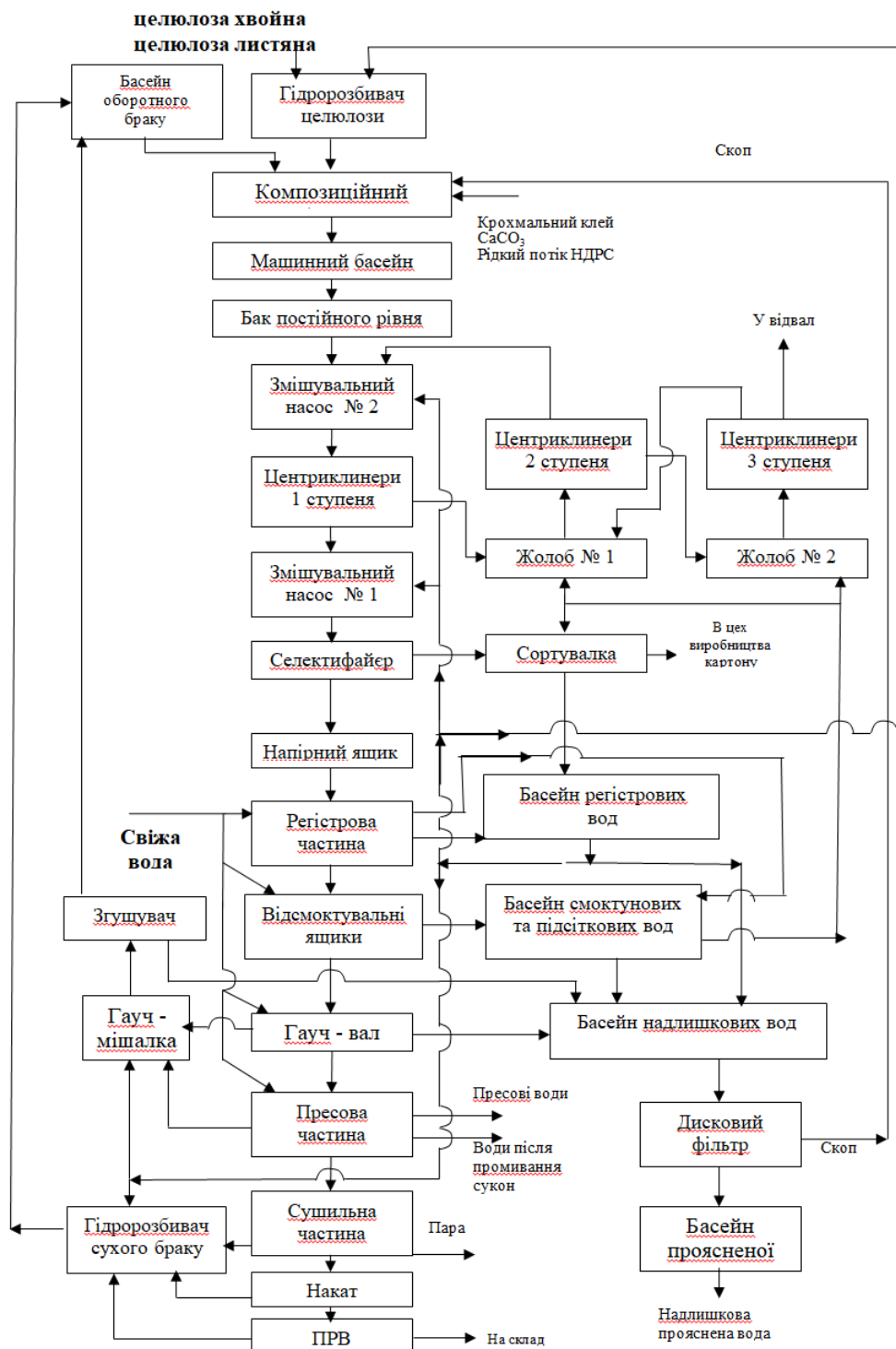


Рисунок 3.1 - Блок-схема ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ

3.2 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Найменування статей	Вихідні дані		
	Джерело [1]	Джерело [2]	Приймаємо до розрахунку
1. Масова частка волокна на різних стадіях виробництва, %			
На накаті	93,0	93,0-96,0	94,0
Після пресів	42,0	38,0-42,0	49,0
Після гауч-вала	20,0	18,0-20,0	18,0
Після відсмоктувальних ящиків	10,0	10,0-12,0	12,0
Після реєстрової частини	2,8	2,5-3,8	3,5
У напірному ящику	0,5	0,5-0,65	0,60
У баці постійного рівня	3,2	3,2-3,5	3,50
У композиційному басейні	3,2	3,2-3,5	3,50
У машинному басейні	3,2	3,2-3,5	3,50
У басейні оборотного браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Скоп після дискового фільтра	3,2	3,2-3,5	3,50
Згущувач мокрого браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Гідророзбивач сухого браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Гідророзбивач хвойної целюлози	3,2	3,2-3,5	3,50
Гідророзбивач листяної целюлози	3,2	3,2-3,5	3,50
Гауч-мішалка	1,0	0,8-1,0	0,98
Басейн оборотного браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Після селективфайєра	0,5	0,5-0,65	0,6
Після змішувального насоса №1	0,51	0,50-0,65	0,6
Після змішувального насоса №2	0,65	0,70-0,75	0,73
Після центриклинерів 1 ступеня	0,63	0,67-0,71	0,7
Після центриклинерів 2 ступеня	0,40	0,40-0,43	0,40
2. Масова частка волокна у відхідних водах, %			
Регістрова вода	0,14	0,13-0,20	0,15
Підсіткові води	0,003	0,003-0,004	0,004
Відсмоктувальних ящиків	0,10	0,10-0,12	0,10
Пресові води	0,10	0,10	0,10
Від промивання сітки	0,005	0,003-0,004	0,004
Від промивання сукон	0,0012	0,001	0,001
Прояснених вод після дискового фільтра	0,0015	0,001	0,001
Від плоскої сортувалки	0,60	0,38-0,62	0,46
Згущувача мокрого браку	0,05	0,03-0,04	0,03
3. Витрата свіжої та надлишкової води, л/т паперу			
Свіжа вода на промивання сіток	10000,0	15000,0	15000,0
Свіжа вода на спорски і відсічки відсмоктувальних ящиків	600,0	850,0	850,0
Свіжа вода на промивання сукон	5000,0	7000,0	6500,0
Свіжа вода на відсічки на гауч-валі	2000,0	3000,0	2160,0
Надлишкова вода на сортувалку	350,0	900,0	850,0

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 1118.00.003 ПЗ

Арк.

40

Продовження таблиці 3.1.

Найменування статей	Вихідні дані		
	Джерело [1]	Джерело [2]	Приймаємо до розрахунку
5.Кількість браку , % від маси паперу			
В процесі оброблення паперу	2,0	1,5	2,0
На накаті	3,0	1,0	1,1
У процесі сушіння паперу	2,0	2,0	2,0
Мокрий брак	3,0	1,0	1,3
Після гауч-валу	2,0	1,5	0,9
6.Композиція паперу, %			
Целюлоза хвойна невібілена	80	80	80
Целюлоза листяна невібілена	15	15	15
Целюлоза із НДРС	5	5	5
7.Масова доля відходів сортування, %			
Відходи селектифайера	0,8	0,7-1,0	0,8
Центриклинерів 1 ступеня	1,2	1,1	1,2
Центриклинерів 2 ступеня	0,75	0,7	0,7
Центриклинерів 3 ступеня	0,60	0,72	0,67
Відходи плоскої сортувалки	2,0	4,0	4,0
8.Сухість початкових напівфабрикатів %			
Хвойна целюлоза	88,0	88,0	88,0
Листяна целюлоза	88,0	88,0	88,0
Целюлоза із НДРС	88,0	88,0	88,0
9.Масова частка відходів сортування, % (кг/т)			
Цетриклинери І ступеня	4,5 %	5,0 %	3,0 %
Цетриклинери 3 ступеня	1,0 кг	1,5 кг	1,0 кг
Селектифайер	1,2 %	1,0 %	1 %

3.3 Розрахунок матеріального балансу волокна та води

Розрахунок матеріального балансу води і волокна проводимо, прив'язуючись до блоків і водопотоків згідно блок–схеми, наведеної на рис. 3.1.

Склад готової продукції. На склад поступає 1000 кг паперу із заданою сухістю 94,0 %.

Отже, в ньому міститься: абсолютно-сухого волокна $1000 \cdot 0,94 = 940$ кг, води $1000 - 940,0 = 60$ кг.

Повздовжно-різальний верстат (ПРВ). З урахуванням 2,0 % браку, що утворюється під час оброблення паперу ($1000 \cdot 0,2 = 20$ кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на ПРВ повинно поступити $1000 + 20 = 1020$ кг. В папері, що проходить через ПРВ міститься:

абсолютно-сухого волокна $1020 \cdot 0,94 = 958,8,0$ кг,
води $1020 - 958,8 = 61,20$ кг.

Накат. З урахуванням 1,1 % браку, що утворюється під час намотування паперу ($1000 \cdot 0,11 = 11$ кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на накат повинно надійти $1020 + 11 = 1031$ кг п/с паперу.

З урахуванням вологи, в папері, що проходить через накат, міститься:
абсолютно-сухого волокна $1031 \cdot 0,94 = 969,14$ кг,
води $1031 - 969,14 = 61,86$ кг.

Сушильна частина

Для визначення кількості маси, що поступає в сушильну частину та кількості води, що випаровується в процесі сушіння паперу, складемо схему потоків в процесі сушіння:

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після пресів	2016,20	49,00	987,94	1028,26
Надійшло(всього)	2016,20		987,94	1028,26
На накат	1031,00	94,00	969,14	61,86
Втрати пару	965,20	0,00	0,00	965,20
У г/розб.сух.браку	20,00	94,00	18,80	1,20
Пішло (всього)	2016,20		987,94	1028,26

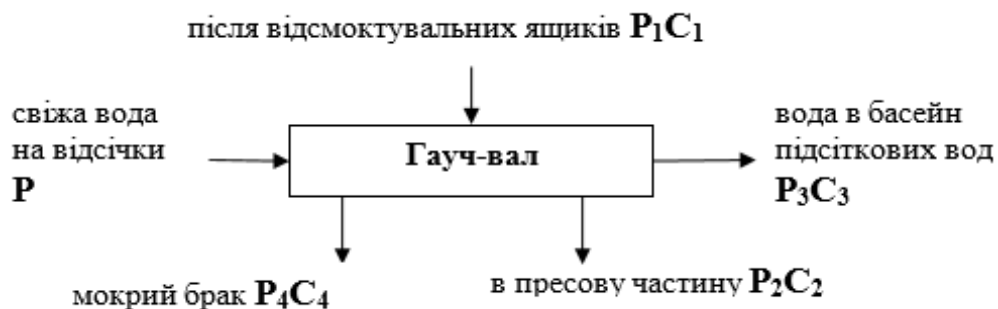
Пресова частина

свіжа вода для промивання сукон P з гауч-преса P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після гауч-вала	5543,83	18,00	997,89	4545,94
Св.вода на пр.сукон	6500,00	0,00	0,00	6500,00
Надійшло(всього)	12043,83		997,89	11045,94
На сушіння	2016,20	49,00	987,94	1028,26
Пресові води	3514,63	0,1000	3,51	3511,11
Води в/пром.сукон	6500,00	0,0010	0,07	6499,94
У г/зміш.мокр.браку	13,00	49,00	6,37	6,63
Пішло (всього)	12043,83		997,89	11045,94

Гауч-вал



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після відсм.ящиків	8330,89	12,00	999,71	7331,19
Св.вода на відсічки	2160,00	0,00	0,00	2160,00
Надійшло(всього)	10490,89		999,71	9491,19
На пресову.частину	5543,83	18,00	997,89	4545,94
Води від гауч-вала	4938,06	0,0040	0,20	4937,86
В г/зміш.мокр.браку	9,00	18,00	1,62	7,38
Пішло (всього)	10490,89		999,71	9491,19

Відсмоктувальні ящики



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після реєстр.частини	29408,13	3,50	1029,28	28378,84
Св.вода на відсічки	8500,00	0,00	0,00	8500,00
Надійшло(всього)	37908,13		1029,28	36878,84
На гауч-вал	8330,89	12,00	999,71	7331,19
Води в бас.відсм.води	29577,23	0,1000	29,58	29547,66
Пішло (всього)	37908,13		1029,28	36878,84

Регістрова частина



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після н.ящика	219060,49	0,60	1314,36	217746,12
Свіжа вода на пром.сітки	15000,00	0,000	0,00	15000,00
Надійшло(всього)	234060,49		1314,36	232746,12
На відсм.ящики	29408,13	3,50	1029,28	28378,84
Регістрові води	189652,36	0,1500	284,48	189367,88
Підсіткові води	15000,00	0,0040	0,60	14999,40
Пішло (всього)	234060,49		1314,36	232746,12

Напірний ящик



Селективфайєр



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.нас.№1	221251,09	0,6020	1331,89	219919,20
Надійшло(всього)	221251,09		1331,89	219919,20
На н/ящик	219060,49	0,6000	1314,36	217746,12
На плоску сортувал.	2190,60	0,8000	17,52	2173,08
Пішло (всього)	221251,09		1331,89	219919,20

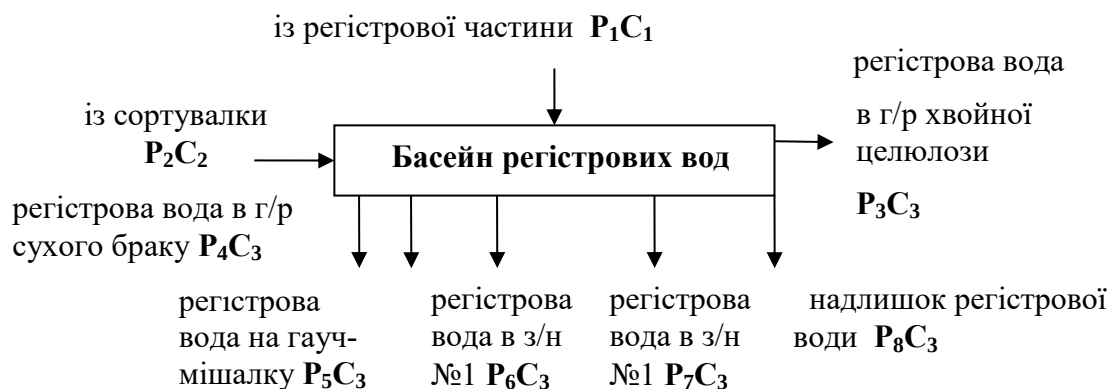
Сортувалка



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З бас.надлишк.вод	850,00	0,0614	0,52	849,48
Після селективфайєра	2190,60	0,8000	17,52	2173,08
Надійшло(всього)	3040,60		18,05	3022,56
У бас.реєстр.вод	2925,91	0,4600	13,46	2912,45
У цех виробн.картону	114,69	4,0000	4,59	110,10
Пішло (всього)	3040,60		18,05	3022,56

Наступним кроком в розрахунку матеріального балансу має бути визначення середньозваженої масової долі волокна в басейні реєстрових вод. Це потрібно зробити тому, що в змішувальному насосі, розрахунок його мав бути наступним, використовується реєстрова вода для розведення маси, яка надходить з центриклинерів I ступеня.

Басейн реєстрових вод



Змішувальний насос №1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	39771,47	0,1547	61,53	39709,94
Після центрикл. Іст.	181479,62	0,7000	1270,36	180209,26
Надійшло(всього)	221251,09		1331,89	219919,20
На селективайер	221251,09	0,6020	1331,89	219919,20
Пішло (всього)	221251,09		1331,89	219919,20

Центриклинери I ступеня



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 1118.00.003 ПЗ

Арк.

47

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.насоса №2	193063,43	0,7300	1409,36	191654,06
Надійшло(всього)	193063,43		1409,36	191654,06
На змішув.насос №1	181479,62	0,7000	1270,36	180209,26
На центрик.л. II і III ст.	11583,81	1,2000	139,01	11444,80
Пішло (всього)	193063,43		1409,36	191654,06

Центриклинери II і III ступеня



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після центрик.л. I ст.	11583,81	1,2000	139,01	11444,80
Надлиш.вода в жолоб I і II	27250,08	0,0614	16,73	27233,34
Надійшло(всього)	38833,88		155,74	38678,14
У змішув.насос №2	38683,88	0,4000	154,74	38529,15
Відходи у відвал	150,00	0,6700	1,01	149,00
Пішло (всього)	38833,88		155,74	38678,14

Змішувальний насос № 2



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	124014,85	0,1547	191,86	123822,99
Від центриклин. II ст.	38683,88	0,4000	154,74	38529,15
З БПР	30364,69	3,5000	1062,76	29301,93
Надійшло(всього)	193063,43		1409,36	191654,06
На центрикл. I ст.	193063,43	0,7300	1409,36	191654,06
Пішло (всього)	193063,43		1409,36	191654,06

Бак постійного рівня

з машинного басейна P_1C_1



Бак постійного рівня



в змішувальний насос №2 P_2C_2

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після машин.басейна	30364,69	3,5000	1062,76	29301,93
Надійшло(всього)	30364,69		1062,76	29301,93
На зміш.насос №2	30364,69	3,5000	1062,76	29301,93
Пішло (всього)	30364,69		1062,76	29301,93

Машинний басейн

з композиційного басейна P_1C_1



Машинний басейн



в бак постійного рівня P_2C_2

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після композ.басейна	30364,69	3,5000	1062,76	29301,93
Надійшло(всього)	30364,69		1062,76	29301,93
На БПР	30364,69	3,5000	1062,76	29301,93
Пішло (всього)	30364,69		1062,76	29301,93

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 1118.00.003 ПЗ

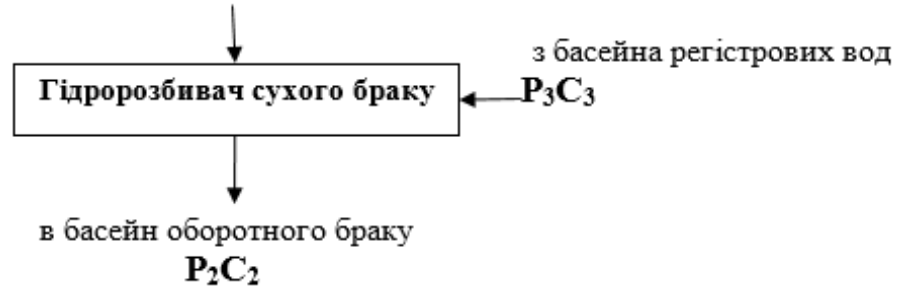
Арк.

49

Розрахунок блоків перероблення сухого та мокрого браку

Гідророзбивач сухого браку

відходи з ПРВ, сушіння, накату P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З ПРС	20,00	94,00	18,80	1,20
З накату	11,00	94,00	10,34	0,66
З сушіння	20,00	94,00	18,80	1,20
З бас-ну рег.вод	1379,70	0,1547	2,13	1377,57
Надійшло(всього)	1430,70		50,07	1380,63
У басейн обор.браку	1430,70	3,5000	50,07	1380,63
Пішло (всього)	1430,70		50,07	1380,63

Гауч-мішалка мокрого браку

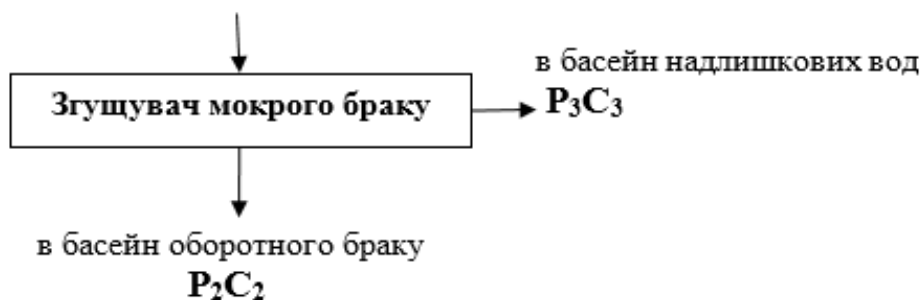
відходи з пресової частини P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З пресової частини	13,00	49,00	6,37	6,63
З гауч-вала	9,00	18,00	1,62	7,38
З бас-ну рег.вод	942,02	0,1547	1,46	940,56
Надійшло(всього)	964,02		9,45	954,57
На згущ.мокрого браку	964,02	0,9800	9,45	954,57
Пішло (всього)	964,02		9,45	954,57

Згущувач мокрого браку

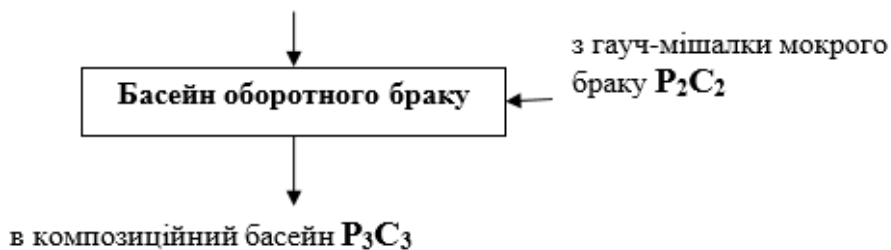
із гауч-мішалки P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.мокр.браку	964,02	0,9800	9,45	954,57
Надійшло(всього)	964,02		9,45	954,57
У басейн обор.браку	263,92	3,5000	9,24	254,69
У басейн надл.вод	700,10	0,0300	0,21	699,89
Пішло (всього)	964,02		9,45	954,57

Басейн оборотного браку

із гідророзбивача сухого браку P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З г/розбив.сух.браку	1430,70	3,50	50,07	1380,63
Зі зміш.мокрого браку	263,92	3,50	9,24	254,69
Надійшло(всього)	1694,63		59,31	1635,31
В композиц.басейн	1694,63	3,50	59,31	1635,31
Пішло (всього)	1694,63		59,31	1635,31

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 1118.00.003 ПЗ

Арк.

51

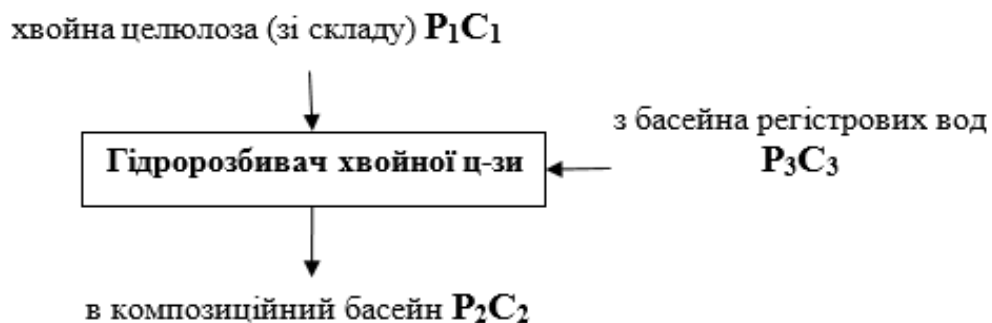
Композиційний басейн



Зважаючи на те, що кількість скопу (P_3), на даний момент не може бути відомою, тому що не розрахована кількість надлишкової води, що повинна надійти на дисковий фільтр, приймаємо попередньо $P_3 = 1,0$ кг.

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/розбив.хв.цел-зи	22935,25	3,5000	802,73	22132,52
Із г/розбив.л.цел-зи	4300,36	3,5000	150,51	4149,85
Потік НДРС цел-зи	1433,45	3,5000	50,17	1383,28
Із басейна обіг.браку	1694,63	3,5000	59,31	1635,31
Скоп з диск.фільтра	1,00	3,5000	0,04	0,97
Надійшло(всього)	30364,69		1062,76	29301,93
У машинний басейн	30364,69	3,5000	1062,76	29301,93
Пішло (всього)	30364,69		1062,76	29301,93

Гідророзбивач хвойної та листяної целюлози



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Хв.цел-за зі складу	873,41	88,00	768,60	104,81
Вода з бас.рег.вод	22061,84	0,1547	34,13	22027,71
Надійшло(всього)	22935,25		802,73	22132,52
У композиційний бас.	22935,25	3,50	802,73	22132,52
Пішло (всього)	22935,25		802,73	22132,52

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Лист.цел-за зі складу	163,76	88,00	144,11	19,65
Вода з бас.рег.вод	4136,60	0,1547	6,40	4130,20
Надійшло(всього)	4300,36		150,51	4149,85
У композиційний бас.	4300,36	3,50	150,51	4149,85
Пішло (всього)	4300,36		150,51	4149,85

Басейн реєстрових вод



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З реєстрової частини	189652,36	0,1500	284,48	189367,88
Від плоск.сортув.	2925,91	0,4600	13,46	2912,45
Надійшло(всього)	192578,28		297,94	192280,34
На зм.насос №1	39771,47	0,1547	61,53	39709,94
На зм.насос №2	124014,85	0,1547	191,86	123822,99
	4136,60	0,1547	6,40	4130,20
На г/розб.хвойн.цел.	22061,84	0,1547	34,13	22027,71
На г/розб.сухого браку	1379,70	0,1547	2,13	1377,57
На зміш.мокр.браку	942,02	0,1547	1,46	940,56
У басейн надл.вод	271,79	0,1547	0,42	271,37
Пішло (всього)	192578,28		297,94	192280,34

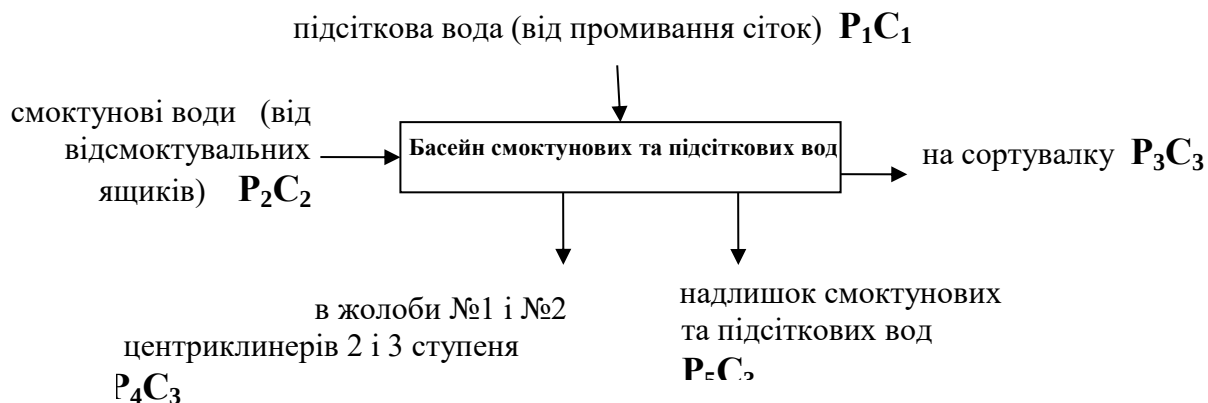
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 1118.00.003 ПЗ

Арк.

53

Басейн смоктунових та підсіткових вод



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Від промив.сітки	15000,00	0,0040	0,60	14999,40
Надійшло(всього)	15000,00		0,60	14999,40
У басейн надлишк.вод	15000,00	0,0040	0,60	14999,40
Пішло (всього)	15000,00		0,60	14999,40

Басейн надлишкових вод



Отже, середньозважений відсоток волокна в басейні надлишкових вод становить:

$$= \frac{31,01 \cdot 100}{50487,18} = 0,0614 \%$$

Для перевірки правильності проведених розрахунків надаємо їх в такому вигляді:

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	271,79	0,1547	0,42	271,37
З басейну підсітк.вод	15000,00	0,0040	0,60	14999,40
З басейну вод відсм.ящ.	29577,23	0,1000	29,58	29547,66
Від гауч-вала	4938,06	0,0040	0,20	4937,86
Від сгущ.мокр.браку	700,10	0,0300	0,21	699,89
Надійшло(всього)	50487,18		31,01	50456,18
В жолоб №1 і №2	27250,08	0,0614	16,73	27233,34
На сортувалку	850,00	0,0614	0,52	849,48
На дисковий фільтр	22387,11	0,0614	13,75	22373,36
Пішло (всього)	50487,18		31,01	50456,18

Дисковий фільтр

із басейна надлишкових вод P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну надл.вод	22387,11	0,0614	13,75	22373,36
Надійшло(всього)	22387,11		13,75	22373,36
У композиц.басейн	386,53	3,50	13,53	373,00
У басейн освітл.вод	22000,58	0,0010	0,22	22000,36
Пішло (всього)	22387,11		13,75	22373,36

Як виходить з результатів розрахунку, кількість скопу (P_3), який утворюється в результаті освітлення води та повинен надійти до композиційного басейну становить **386,53** кг. Ця величина значно перевищує цифру, яка була попередньо прийнята (**1 кг**) в процесі розрахунку балансу в композиційному басейні.

Як висновок: потрібно провести перерахунок матеріального балансу для композиційного басейну та наступних блоків, враховуючи нове значення P_3 .

Таким чином, враховуючи попередні висновки, перерахунок матеріального балансу необхідно виконати для таких блоків, як: композиційний басейн, гідророзбивачі целюлози, басейн реєстрових вод, басейн надлишкових вод та дисковий фільтр.

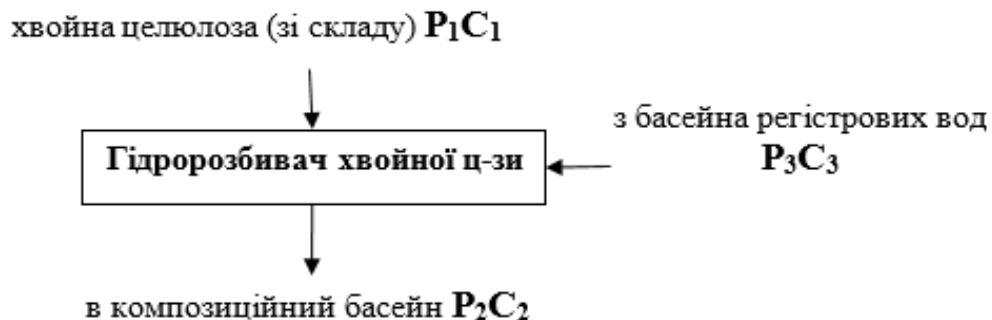
Результати перерахунку матеріального балансу

Композиційний басейн



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/розбив.хв.цел-зи	22623,26	3,5000	791,81	21831,45
Із г/розбив.л.цел-зи	4241,86	3,5000	148,47	4093,40
Потік НДРС цел-зи	1413,95	3,5000	49,49	1364,47
Із басейна обіг.браку	1694,63	3,5000	59,31	1635,31
Скоп з диск.фільтра	386,53	3,5000	13,53	373,00
Надійшло(всього)	30360,23		1062,61	29297,62
У машинний басейн	30360,23	3,5000	1062,61	29297,62
Пішло (всього)	30360,23		1062,61	29297,62

Гідророзбивач хвойної та листяної целюлози



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Хв.цел-за зі складу	861,53	88,00	758,15	103,38
Вода з бас.рег.вод	21761,73	0,1547	33,67	21728,06
Надійшло(всього)	22623,26		791,81	21831,45
У композиційний бас.	22623,26	3,50	791,81	21831,45
Пішло (всього)	22623,26		791,81	21831,45

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Лист.цел-за зі складу	161,54	88,00	142,15	19,38
Вода з бас.рег.вод	4080,32	0,1547	6,31	4074,01
Надійшло(всього)	4241,86		148,47	4093,40
У композиційний бас.	4241,86	3,50	148,47	4093,40
Пішло (всього)	4241,86		148,47	4093,40

Басейн реєстрових вод



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З реєстрової частини	189652,36	0,1500	284,48	189367,88
Від плоск.сортув.	2925,73	0,4600	13,46	2912,27
Надійшло(всього)	192578,09		297,94	192280,16
На зм.насос №1	39771,45	0,1547	61,53	39709,92
На зм.насос №2	123958,30	0,1547	191,78	123766,53
	4080,32	0,1547	6,31	4074,01
На г/розб.хвойн.цел.	21761,73	0,1547	33,67	21728,06
На г/розб.сухого браку	1379,70	0,1547	2,13	1377,57
На зміш.мокр.браку	942,02	0,1547	1,46	940,56
У басейн надл.вод	684,57	0,1547	1,06	683,51
Пішло (всього)	192578,09		297,94	192280,16

Басейн надлишкових вод



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 1118.00.003 ПЗ

Арк.

57

Загальна кількість волокна = $0,60 + 29,58 + 0,20 + 0,21 = 31,64$ кг;

Загальна кількість маси = $15000,00 + 29577,23 + 4938,06 + 700,10 = 50899,96$ кг.

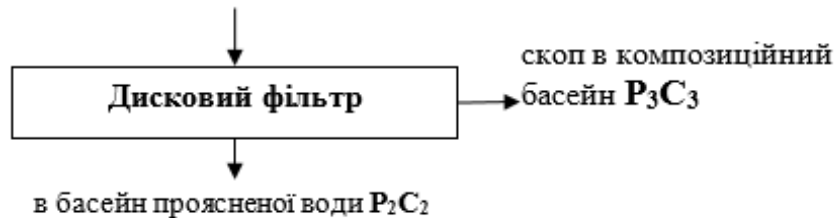
Отже, середньозважений відсоток волокна в басейні надлишкових вод становить:

$$= \frac{31,64 \cdot 100}{50899,96} = 0,0622 \%$$

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	684,57	0,1547	1,06	683,51
З басейну підсітк.вод	15000,00	0,0040	0,60	14999,40
З басейну вод відсм.ящ.	29577,23	0,1000	29,58	29547,66
Від гауч-вала	4938,06	0,0040	0,20	4937,86
Від сгущ.мокр.браку	700,10	0,0300	0,21	699,89
Надійшло(всього)	50899,96		31,64	50868,31
У жолоб №1 і №2	27311,11	0,0622	16,98	27294,13
На сортувалку	850,00	0,0622	0,53	849,47
На дисковий фільтр	22738,85	0,0622	14,14	22724,71
Пішло (всього)	50899,96		31,64	50868,31

Дисковий фільтр

із басейна надлишкових вод P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну надл.вод	22738,85	0,0622	14,14	22724,71
Надійшло(всього)	22738,85		14,14	22724,71
У композиц.басейн	397,52	3,50	13,91	383,60
У басейн освітл.вод	22341,33	0,0010	0,22	22341,11
Пішло (всього)	22738,85		14,14	22724,71

Як виходить з результатів перерахунку, кількість скопу (P_3), який утворюється в результаті освітлення води та повинен поступити до композиційного басейну, становить **397,52** кг. Ця величина перевищує цифру, яка була прийнята в попередньому перерахунку (**386,53** кг)

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріального балансу в композиційному басейні ($\delta = 10,99$). Як висновок: потрібно провести перерахунок матеріального балансу для композиційного басейну та наступних блоків.

Результати повторних перерахунків матеріального балансу

Враховуючи, що алгоритм перерахунку не змінився, наведемо лише кінцеві результати.

Композиційний басейн

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/розбив.хв.цел-зи	22614,37	3,5000	791,50	21822,86
Із г/розбив.л.цел-зи	4240,19	3,5000	148,41	4091,79
Потік НДРС цел-зи	1413,40	3,5000	49,47	1363,93
Із басейна обіг.браку	1694,63	3,5000	59,31	1635,31
Скоп з диск.фільтра	397,52	3,5000	13,91	383,61
Надійшло(всього)	30360,10		1062,60	29297,50
У машинний басейн	30360,10	3,5000	1062,60	29297,50
Пішло (всього)	30360,10		1062,60	29297,50

Гідророзбивач целюлози

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Хв.цел-за зі складу	861,19	88,00	757,85	103,34
Вода з бас.рег.вод	21753,17	0,1547	33,65	21719,52
Надійшло(всього)	22614,37		791,50	21822,86
У композиційний бас.	22614,37	3,50	791,50	21822,86
Пішло (всього)	22614,37		791,50	21822,86
Лист.цел-за зі складу	161,47	88,00	142,10	19,38
Вода з бас.рег.вод	4078,72	0,1547	6,31	4072,41
Надійшло(всього)	4240,19		148,41	4091,79
У композиційний бас.	4240,19	3,50	148,41	4091,79
Пішло (всього)	4240,19		148,41	4091,79

Басейн реєстрових вод

За рахунок деякого перерозподілу потоків надлишок реєстрової води в басейні реєстрових вод змінився з 684,57 кг до 696,32 кг.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Басейн надлишкових вод

За рахунок зміни кількості реєстрової води, що надходить до басейну надлишкових вод, в басейні надлишкових вод дещо змінився середньозважений відсоток волокна.

Загальна кількість волокна = 31,66 кг;

Загальна кількість маси = 50911,71 кг.

Отже, $C_6 = (31,66 \cdot 100) / 50911,71 = 0,0622\%$.

Надлишок води, що поступає на дисковий фільтр становить:

$P_8 = 22748,87$ кг (проти 22738,85 кг).

Дисковий фільтр

Кількість скопу, що надходить в композиційний басейн становить:

$$P_3 = \frac{P_1(C_2 - C_1)}{(C_2 - C_3)} = \frac{22748,87 (0,001 - 0,0622)}{(0,001 - 3,5)} = 397,83 \text{ кг.}$$

Як виходить з результатів перерахунку, кількість скопу (P_3), який утворюється в результаті освітлення води та повинен поступити до композиційного басейну, становить **397,83** кг. Ця величина незначно перевищує цифру, яка була прийнята в попередньому перерахунку (**397,52**кг) матеріального балансу в композиційному басейні.

Басейн прояснених вод

з дискового фільтра P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після дисков.фільтра	22351,04	0,0010	0,22	22350,82
Надійшло(всього)	22351,04		0,22	22350,82
На очисні споруди	22351,04	0,0010	0,22	22350,82
Пішло (всього)	22351,04		0,22	22350,82

7. РЕЗУЛЬТАТИ ЗВЕДЕНОГО БАЛАНСУ ВОДИ І ВОЛОКНА

В табл. 7.1 наведені результати зведеного балансу води і волокна.

Таблиця 7.1 – Результати зведеного балансу води і волокна

Таблиця зведеного балансу води і волокна

Волокно (абс.сух.),кг	Надходження	Витрата
Хвойна целюлоза (невибілена)	757,85	
Листяна целюлоза (невибілена)	142,10	
НДРС	49,47	
Всього:	949,41	
Готова продукція		940,00
Відходи центриклинерів III ст.		1,01
З пресовими водами		3,51
Промивка сукон		0,07
На очисні споруди		0,22
Відходи сортувалки (в цех виробн.картону)		4,60
	Всього:	949,40

Вода, кг	Надходження	Витрата
З хвойною целюлозою	103,34	
З листяною целюлозою	19,38	
З НДРС	1363,93	
Свіжа вода на промивання сіток	15000,00	
Свіжа вода на відсічки відсм.ящиків	8 500,00	
Свіжа вода на промив. сукна	6 500,00	
Свіжа вода на відсічки в гаучі	2 160,00	
Всього:	33 646,65	
З готовою продукцією		60,00
З парою при сушінні		965,20
З відходами центр. III ст.		149,00
З пресовими водами		3511,11
Промивка сукон		6499,94
На очисні споруди		22350,82
З відходами сортувалки (в цех виробн.картону)		110,28
	Всього:	33 646,35

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

$$949,41 - 940,00 = 9,41 \text{ кг.}$$

У такому випадку вимої волокна (ВВ) становлять:

$$ВВ = \frac{9,41 \cdot 100}{949,41} = 0,9916 \text{ \%}$$

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Продуктивність папероробної машини:

$$Q = 0,06 \cdot B_0 \cdot V \cdot g \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot t$$

де: 0,06 – коефіцієнт для переведення хвилинної швидкості в годинну та маси листа, вираженого в г/м^2 , в кг;

B_0 – обрізна ширина паперового полотна, м;

V – робоча швидкість машини, м/хв;

g – маса 1 м^2 паперу, г;

k_1 – коефіцієнт, що враховує холостий хід машини, $k_1 = 0,95-0,98$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує використання максимальної робочої швидкості, $k_2 = 0,95$; 22,5 – кількість робочих годин в добі.

Саме за добовою продуктивністю проводиться вибір обладнання.

t – коефіцієнт, що враховує кількість безперервної роботи машини за добу, $k_3 = 22,5$.

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \cdot 4,2 \cdot 100 \cdot 360 \cdot 0,98 \cdot 0,98 = 8712,75 \text{ кг/год} = 8,7 \text{ т/год}$$

Продуктивність добова:

$$Q_{\text{д}} = 8,7 \cdot 22,5 = 196 \text{ т/добу}$$

де 22,5 – кількість робочих годин в добі. Саме за добовою продуктивністю проводиться вибір обладнання.

Продуктивність річна:

$$\text{ПП} = 196 \cdot 345 = 67632,71 \text{ т/рік}$$

Гідророзбивач

Першим етапом виробництва є підготовка волокнистої маси. Для розволокнення целюлозної сировини (листяна та хвойна целюлоза в одному потоці) застосовується гідророзбивач ГРВ-6. Його основна задача — довести волокна до стану рівномірної суспензії для подальшої обробки.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика гідророзбивача ГРВ-64:

- продуктивність: 300 т/добу;
- об'єм ванни: 64 м³;
- потужність електродвигуна: 630 кВт;
- тип завантаження: верхнє;
- призначення: розпушення первинної целюлози до робочої концентрації.[26]

Кількість гідророзбивачів:

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добГРВ-64}}} = \frac{196}{300} = 0,65 \approx 1 \text{ гідророзбивач}$$

Кількість сухого браку, що утворюється у сушильній частині та в процесі оброблення картону дорівнює разом – 6 %. Отже, за добу утвориться $0,06 \cdot 196 = 11,76$ т сухого браку.

Обираємо гідророзбивач ГРВ-6:

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добГРВ-6}}} = \frac{11,76}{18} = 0,65 \approx 1 \text{ гідророзбивач}$$

Технічна характеристика гідророзбивача ГРВ-64:

- продуктивність: 18 т/добу;
- об'єм ванни: 6 м³;
- потужність електродвигуна: 75 кВт;
- тип завантаження: верхнє.

Дискові млини

Після гідророзбивача маса надходить у проміжний басейн, а далі подається на розмелювання. Для цього використовуються чотири здвоєні дискові млини МДС-24, які розміщені у двох каскадах по два.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Млини МДС-24 призначені для механічного оброблення волокон, щоб покращити їхню гідрофільність і забезпечити необхідну якість формування паперу.

Технічні характеристики млина МДС-24:

- діаметр дисків: 800 мм;
- частота обертання ротора: 750 об/хв;
- окружна швидкість ротора: 31,4 м/с;
- установча потужність: 630 кВт;
- потужність двигуна холостого ходу: 210 кВт;
- продуктивність: 70–240 т/добу;
- маса агрегату: не більше 13 т.

Кількість здвоєних млинів

$СП_k = 40^\circ \text{ШР}$

$СП_n = 11^\circ \text{ШР}$

Приріст на одному млині: 8°ШР

$$\frac{СП_k - СП_n}{8} = \frac{40 - 12}{8} = 3,5 \approx 4 \text{ млини}$$

Система очищення волокнистої маси

Після розмелювання маса піддається очищенню. Для цього використовується вихрова система очисників УВК-300-01, яка видаляє з маси пісок, металеві частинки та інші небажані домішки.

Технічні характеристики УВК-300-01:

- загальна продуктивність: 300 т/добу;
- пропускна здатність одного очисника: 400 л/хв;
- діаметр очисника: 160 мм;
- діаметр отворів насадки: 24 мм;
- кількість очисників за стадіями:
 - І стадія — 114 шт;

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- II стадія — 32 шт;
- III стадія — 6 шт;
- габаритні розміри (Д×Ш×В): 7,90 × 5,33 × 3,15 м;
- маса з насосом та двигуном: 35,30 т.

Кількість установок вихрових конічних очисників для потоку целюлози:

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добУВК}}} = \frac{196}{300} = 0,65 \approx 1 \text{ установка вихрових конічних очисників}$$

Вузлоуловлювач

Для сортування маси від грубих включень і грудок волокон використовується вузлоуловлювач двоситовий ВЗ-13. В результаті його роботи відбувається стабілізація маси перед подачею на формувальну частину машини.

Технічні характеристики ВЗ-13:

- площа сита: 2,29 м²;
- продуктивність: 60 - 200 т/добу;
- максимальна концентрація маси: 1,3 %;
- перепад тиску: 0,02...0,05 мПа;
- кількість лопатей ротора: 4 шт;
- частота обертання ротора: 310 об/хв;
- діаметр отворів сита: 1,4–2,4 мм;
- потужність електродвигуна: 30 кВт;
- габарити (Д×Ш×В): 2,60 × 1,74 × 1,74 м;
- загальна маса: 3,0 т.

Кількість необхідна для потоку целюлози:

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добВЗ-01}}} = \frac{196}{200} = 0,98 \approx 1 \text{ вузлоуловлювач}$$

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напірна сортувалка

Для даного потоку обираємо напірну сортувалку СЦН-2,0

Характеристики обладнання:

- продуктивність: 150-600 т/добу;
- тиск маси: 0,07-0,4 МПа;
- перепад тиску: 0,04-0,07 МПа;
- максимальна концентрація маси: 3%;
- площа сита: 0,45 м²;
- внутрішній діаметр сита: 1,2-3,0 мм;
- ширина щілин: 0,25-0,7 мм;
- частота обертання ротора: 1400-1820 хв⁻¹;
- витрата води: до 800 л/хв;
- потужність електродвигуна: 55 кВт;
- габаритні розміри: 2,15х1,05х1,43;
- маса: 1,57 т.

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добСЦН}}} = \frac{196}{600} = 0,33 \approx 1 \text{ сортувалка}$$

Масні басейни

У даній технологічній схемі використовуються басейни: басейн для акумулювання маси, проміжний басейн, машинний басейн, композиційний басейн, а також басейн для браку.

Об'єми масних басейнів розраховуються за формулою:

$$V = Q_{\text{год}} \cdot P \cdot t \cdot K$$

де $Q_{\text{год}}$ – годинна продуктивність картоноробної машини, т/год;

P – кількість волокнистої суспензії в басейні м³/т картону;

t – час зберігання маси, год;

K – коефіцієнт, що враховує неповноту заповнення басейна (зазвичай $K = 1,2$).

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймальні басейни повинні бути розраховані на 6 – 8 годинне зберігання маси. Тривалість зберігання маси після розмелювання – 2 год, а маси в композиційному і машинному басейнах – 20–30 хв.

Приймальний басейн: $V = 8,7 \cdot 13,3 \cdot 2 \cdot 1,2 = 278,8$

Композиційний і машинний басейни: $V = 8,7 \cdot 13,3 \cdot 0,5 \cdot 1,2 = 69,7$

Згідно з розрахунками проймаємо УПВ-3 в якості приймального басейну та УПВ-1 для композиційного та машинного басейнів.

Характеристики УПВ-3:

- об'єм перемішуваної маси: 100-400 м³;
- концентрація маси не більше: 3,5%;
- діаметр мішалки: 1250 мм;
- потужність приводу: 55 кВт;
- частота обертання: 220 хв⁻¹.

Характеристики УПВ-1:

- об'єм перемішуваної маси: 20-120 м³;
- концентрація маси не більше: 3,5%;
- діаметр мішалки: 750 мм;
- потужність приводу: 7,5 кВт;
- частота обертання: 250 хв⁻¹.

Пульсаційний млин

Впродовж усього процесу виготовлення паперового полотна, творується брак, що потім розпускається та по-новому вводиться в композиційний басейн чи змішувальні насоси.

На пульсаційний млин надходить 8% браку.

Обираємо пульсаційний млин МП-00 з такими характеристиками:

- продуктивність: 5-25 т/добу;
- діаметр ротора: 190 мм;

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кількість робочих зон: 3;
- частота обертання ротора: 3000;
- габаритні розміри: 1,57x0,41x0,58 м;
- загальна маса: 0,68 т.

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добМП-00}}} = \frac{196 * 0,08}{25} = 0,63 \approx 1 \text{ млин}$$

Шаберний згущувач

Кількість маси, що потрапить на шабериний згущувач становить 2% від усієї маси. Таким чином розраховуємо необхідну кількість устаткування:

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добСШ}}} = \frac{196 * 0,02}{25} = 0,16 \approx 1 \text{ згущувач}$$

Технічні характеристики:

- продуктивність: 20-25 т/добу;
- концентрація волокна, що надходить: 0,4-1%;
- концентрація волокна згущеного: 5-7%;
- параметри сіткового циліндра:
 - діаметр: 1,25 м;
 - довжина: 1,50 м;
 - площа бічної поверхні: 6 м²;
 - частота обертання ротора барабана: 14,4 хв⁻¹;
 - споживана потужність: 2,2 кВт;
- габаритні розміри: 3,55x2,25x2,56 м;
- маса: 4 т.

4 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

Будівля, в якій передбачено розміщення цеху з виробництва пакувального паперу, запроєктована як двоповерхова, збірна, залізобетонна споруда з високим рівнем несучої здатності та можливістю монтажу великогабаритного технологічного обладнання. Конструктивне рішення враховує потреби безперервного виробництва та умов експлуатації устаткування значної маси й габаритів.

Основні геометричні параметри будівлі становлять:

- Довжина — 144000 м;
- Ширина — 33 м;
- Загальна висота до покриття — 23 м.

Колонна сітка: 6х6 і один проліт з сіткою 6х9, що відповідає необхідності розміщення технологічної лінії та кранового обладнання. У будівлі передбачено кран-балку вантажопідйомністю до 30 т з рівнем кранового шляху на висоті 16,5 м. Для монтажу та обслуговування великогабаритних машин передбачено монтажний отвір розміром 3×6 м.

Фундамент виконаний із залізобетону, стаканного типу, глибина закладання — 1,1 м відповідно до умов ґрунтів, характерних для зони центральної України. Колони залізобетонні прямокутного перерізу 400×600 мм, розраховані на підвищене вертикальне навантаження від технологічного обладнання та крана. На першому поверсі встановлено залізобетонні ригелі завдовжки 6 м, на які спираються плити перекриття 1,5×6 м.

На другому поверсі передбачено систему залізобетонних ферм (для прольоту 24 м) у поєднанні з підстропильними балками (для прольоту 12 м). Покриття виконано із збірних залізобетонних плит того ж типорозміру, що й міжповерхові перекриття.

Для забезпечення природного освітлення у приміщенні встановлено вікна висотою 2400 мм і шириною 3000 мм. Вони розміщені по периметру будівлі: на першому поверсі — з відмітки 1,2 м, на другому — з відмітки 7,2 м. Віконні прорізи обладнані енергозберігаючими склопакетами.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У складі цеху передбачено побутово-санітарні приміщення: гардероб, душову, туалети, кімнату для прийому їжі, кімнату чергового майстра. Усі вони розташовані на другому поверсі адміністративно-побутового блоку, що примикає до основного виробничого об'єму. Площа додаткових приміщень становить від 12 до 45 м² залежно від функціонального призначення.

Будівельне рішення цеху враховує інженерні потреби сучасного виробництва паперу: забезпечено вільне переміщення рулонів, можливість технічного обслуговування агрегатів, дотримано вимог евакуації та нормативів за мікрокліматом. Передбачено локальну витяжну вентиляцію над сушильною частиною папероробної машини, а також системи загальнообмінної вентиляції у виробничій та побутовій зонах.

Таким чином, об'ємно-планувальне рішення будівлі сприяє створенню безпечного, технологічно зручного та функціонального виробничого середовища, придатного для впровадження сучасної технології виготовлення пакувального паперу.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час проєктування та організації технологічного потоку виробництва паперу особливе значення має формування безпечного робочого середовища. У межах цієї дипломної роботи, присвяченої темі «Технологічний потік виробництва паперу пакувального», розглянуто питання охорони праці в умовах виробництва з площею приміщення 4752 м². Безпека персоналу є невід'ємною складовою ефективного функціонування паперового цеху, особливо з огляду на експлуатацію потужного устаткування, високі температури, використання хімічних реагентів та пилових забруднень. Професійні ризики, що супроводжують діяльність працівників на таких об'єктах, потребують глибокого аналізу і системного впровадження організаційних та інженерних заходів безпеки.

У моєму виробничому цеху присутні наступні шкідливі фактори: підвищений рівень шуму, вібрації, пил, висока температура повітря, недостатнє освітлення, а також електробезпека і пожежна небезпека. Кожен із цих факторів має свої особливості впливу на здоров'я персоналу та вимагає окремих засобів і методів нейтралізації.

Підвищений рівень шуму

Підвищений рівень шуму є постійним супутником роботи папероробних машин. Головними джерелами шуму є високошвидкісні вали, вакуумні насоси, компресори, вентилятори, а також система транспортування сировини. Найбільш шумонебезпечною ділянкою є зона пресування, де рівень шуму може досягати 95 дБА. Високочастотні коливання, які утворюються при терті та ударах, поглинаються лише частково конструктивними оболонками обладнання. Перевищення граничних рівнів шуму вимагає обов'язкового застосування індивідуальних засобів захисту слуху, таких як шумозахисні навушники та вкладиші, які знижують акустичне навантаження на 15–25 дБА, згідно з ДСТУ EN 352-2:2018. Для

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

постійного моніторингу стану шумового фону проводяться інструментальні вимірювання з оформленням протоколів перевірки.

Вібраційні навантаження

Вібраційні навантаження відчуються у зонах, де встановлені роторні машини, приводи млинів, а також насоси, які створюють коливальні рухи різної частоти. Наслідком тривалого впливу вібрацій можуть бути порушення в роботі опорно-рухової системи, судинні розлади, підвищена втомлюваність та стресові стани. Для зниження рівня вібрацій вживаються технічні заходи: установки віброізолюючих подушок, гумових або пружинних опор, а також підвищення якості балансування рухомих частин. Організаційні заходи передбачають введення обмежень часу перебування працівника в зоні дії джерел вібрації, а також впровадження дистанційного керування технологічними вузлами. Норми вібрації регламентуються ДСН 3.3.6.039-99.

Пилова загроза

Пилова загроза має як короткочасну, так і хронічну небезпеку. Мікроскопічні частинки волокна та наповнювачів (зокрема крейда, CaCO_3) можуть осідати в дихальних шляхах, спричиняти алергічні реакції, бронхолегеневі захворювання. Найнебезпечніший пил — фракції розміром до 2,5 мкм. Контроль чистоти повітря проводиться відповідно до ДСТУ EN 482:2022. З метою локалізації пилу встановлюються фільтраційні камери, аспіраційні системи та пиловловлювачі. Усі працівники забезпечуються сертифікованими респіраторами з класом захисту FFP2 або FFP3. Роботи з навантаженням мінеральних добавок проводяться в закритих кабінах або під витяжними зонтами.

Підвищена температура

Температурні навантаження створюють значні дискомфортні умови, особливо в сушильній частині та в зоні паропроводів. У разі перевищення

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температурного порогу понад 28 °С зростає ризик теплового виснаження, головного болю, дратівливості. Для зменшення впливу гарячого повітря застосовується комбінована система вентиляції з рекуперацією тепла. Також використовується теплозахисне обгородження елементів обладнання, зменшується площа відкритих гарячих поверхонь. Оператори надаються змогою відпочинку у спеціальних охолоджених приміщеннях, де підтримується комфортна температура.

Рівень освітлення

Освітлення має вирішальне значення для візуального контролю за технологічним процесом. Недостатнє або неправильно підібране освітлення призводить до зорової втоми, зниження продуктивності, помилок в обслуговуванні. У приміщеннях цеху реалізовано комбіноване освітлення з використанням світлодіодних ламп із природним спектром. Мінімальна освітленість відповідає ДСТУ EN 12464-1:2016 і становить 300 лк для загального освітлення та 500 лк у місцях візуального контролю. Проведення періодичних світлотехнічних вимірювань дає змогу підтримувати відповідність нормативам.

Електробезпека

Електробезпека — критично важлива частина системи охорони праці. Усі електроустановки відносяться до другої категорії за небезпекою. Передбачено захисне заземлення, автоматичні вимикачі при витoku струму (типу ПЗВ), огороження відкритих струмопровідних частин, використання електроізоляційних матеріалів. Спеціалісти, що мають допуск до роботи з електроустановками, проходять атестацію, інструктажі та забезпечуються комплектами ЗІЗ: діелектричні рукавиці, килимки, індикатори напруги. Ведеться журнал обліку обслуговування обладнання. Оскільки обладнання працює від електромережі 380/220 В з частотою 50 Гц, дотримання вимог електробезпеки є критично важливим. Згідно з ДСТУ EN 60903:2017,

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

персонал має бути забезпечений діелектричними килимками, рукавицями, індикаторами напруги. Всі струмопровідні елементи підлягають ізоляції з опором не менше 0,5 МОм, а електроустановки перевіряються щонайменше один раз на квартал. Для уникнення уражень також впроваджується система автоматичного відключення у разі витоку струму.

Заходи з пожежної безпеки

Пожежна небезпека на виробництві зумовлена наявністю великої кількості легкозаймистих матеріалів — паперового пилу, целюлозного волокна, а також мастил та високотемпературних поверхонь. Пожежний ризик також підсилюється можливим виникненням електричних іскр або перегрівом контактів. Виробництво класифікується як пожежонебезпечне - категорія В за ДСТУ EN 13501-1:2024, що передбачає обов’язкове оснащення об’єкта первинними засобами пожежогасіння, автоматичною сигналізацією, евакуаційними маршрутами з позначенням та підсвічуванням. Вогнегасники розташовуються через кожні 30 метрів, вогнестійкі двері та стіни забезпечують локалізацію можливих осередків займання. Персонал проходить навчання та перевірки знань із протипожежної безпеки. Основні вимоги до забезпечення пожежної безпеки регламентуються згідно ДБН В.1.1-7:2016.

Розміщення технологічного обладнання має враховувати вимоги до евакуації. У залах з великою протяжністю машин слід передбачити не менше двох евакуаційних виходів. Ширина основних проходів не повинна бути меншою за 0,8 м на кожні 100 осіб. Евакуаційні шляхи повинні бути позначені світловими покажчиками, а на ділянках з інтенсивним рухом вантажу необхідно забезпечити належні умови для транспортування продукції згідно з ДБН В.1.1-7:2016.

Інформаційна підтримка охорони праці — це один із методів превентивної безпеки. Завдяки маркуванню, попереджувальним написам,

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знакам безпеки та інструкційним стендам працівники швидко орієнтуються у потенційно небезпечних зонах. Усі елементи візуалізації періодично перевіряються на збереження, читабельність і відповідність технічному плану.

Параметр	Нормативне значення	Джерело нормативу
Освітленість	300–500 лк	ДСТУ EN 12464-1:2016
Температура повітря	18–24 °С	ДСН 3.3.6.042-99
Вологість повітря	40–60%	ДСН 3.3.6.042-99
Швидкість повітря	До 0,3 м/с	ДСН 3.3.6.042-99
Рівень шуму	До 85 дБА	ДСН 3.3.6.037-99
Вміст пилу	У межах ГДК	ДСТУ EN 482:2022
Напруга обладнання	380/220 В	ДСТУ EN 61140:2019
Клас респіраторів	FFP2 або FFP3	EN 149:2001+A1:2009

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної проєкту було розроблено комплексне проєктне рішення для виробництва пакувального паперу з подовженим терміном зберігання. Для цього виду продукції сформовано технологічну схему, яка складається з одного основного потоку підготовки та формування волокнистої маси.

У ході проєктування було обґрунтовано та підібрано основне технологічне обладнання, включаючи гідророзбивачі, дискові млини, вузли очищення, а також основні частини папероробної машини.

Вихідна сировина для виробництва включає 80 % невібіленої хвойної целюлози марки НБСК, 15 % невібіленої листяної целюлози марки НВЛЦ, а також 5 % НДРС з обгортки кукурудзи, що відповідає сучасним вимогам щодо екологічності та довговічності готового продукту.

У рамках роботи також було складено матеріальний і тепловий баланс, що дозволило оцінити споживання ресурсів та ефективність кожного етапу виробництва. Розділ з охорони праці містить опис основних шкідливих факторів, що діють на працівників у процесі виробництва, та відповідні заходи щодо їх усунення або зменшення, згідно з чинними нормативами.

Крім того, було розроблено план виробничого цеху з урахуванням габаритів обладнання та логістики внутрішньоцехового переміщення. Наведено архітектурні рішення та поперечні перерізи будівлі, які демонструють функціональність об'ємно-планувального рішення для безперервного та ефективного технологічного процесу.

Загалом, результати дипломної роботи підтверджують технічну доцільність запропонованого підходу до виробництва пакувального паперу, що відповідає сучасним вимогам довговічності, екологічності, безпеки праці та оптимального використання ресурсів.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Aarnio, T., Härmäläinen, A. Challenges in packaging waste management in the fast food industry // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2008. – Vol. 52. – P.612–621.–URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344907001620?via%3Dihub>

2. ALBACAR® HO – Precipitated Calcium Carbonate for Paper Applications / Specialty Minerals Inc. – Bethlehem, PA : Minerals Technologies Inc., 2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://www.specialtyminerals.com/products/albacar-ho>

3. Balaceanu, C.D., Tilea, M., Penu, D. Perspectives on Eco Economics. Circular Economy and Smart Economy // *Academic Journal of Economic Studies*. – 2017. – Vol. 3(4). – P. 105–109. – URL:

<https://ideas.repec.org/a/khe/scajes/v3y2017i4p105-109.html>

4. Biermann, C. J. *Handbook of Pulping and Papermaking*. – 3rd ed. – Amsterdam : Elsevier, 2018. – 816 p. – ISBN 9780128142375.

5. Черьопкіна Р. І., Трембус І. В., Дейкун І. М., Барбаш В. А. *Технологія недеревних волокнистих напівфабрикатів*. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 229 с. – URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/3b31eb39-c4b1-4d65-8e60-fb02d4e2ed83/download>

6. Черьопкіна Р. І., Денисенко А. М. Хімічне перероблення обгортки качанів кукурудзи на волокнисті напівфабрикати // *Вісник НТУУ «КПІ»*. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2021. – № 1(20). – С. 63–73. – <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2021.228142>

7. Черьопкіна Р. І., Денисенко А. М., Дейкун І. М., Трембус І. В. Пакувальний папір із напівфабрикатів обгортки качанів кукурудзи // *Технічні науки та технології*. – 2021. – № 2(24). – С. 159–170. – <https://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/24167>

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. ДБН В.1.1-7:2016. *Пожежна безпека об'єктів будівництва*. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 96 с.

9. Демчук Г. В., Ковтун А. І. *Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах бакалаврів / НТУУ «КПІ»*. – Київ : НТУУ «КПІ», 2018. – 14 с.

10. ДСТУ 7702:2015. *Крохмаль модифікований. Технічні умови*. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 16 с.

11. ДСТУ EN 12464-1:2016. *Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Робочі місця всередині приміщень*. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. – 37 с.

12. ДСТУ EN 13501-1:2017. *Класифікація будівельних виробів за пожежною небезпекою*. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 40 с.

13. ДСТУ EN 149:2001+A1:2009. *ЗІЗ органів дихання. Фільтрувальні напівмаски*. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2010. – 25 с.

14. ДСТУ EN 352-2:2017. *ЗІЗ слуху. Вкладиші. Вимоги, випробування, маркування*. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 15 с.

15. ДСТУ EN 60903:2017. *Засоби індивідуального захисту. Рукавиці діелектричні*. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 30 с.

16. ДСТУ EN ISO 13688:2017. *Одяг захисний. Загальні вимоги (ISO 13688:2013, IDT)*. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 20 с.

17. ДСТУ EN ISO 9706:2008. *Інформація та документація. Папір для документів. Вимоги до довговічності (ISO 9706:1998, IDT)*. – Київ : Держспоживстандарт України, 2008. – 7 с.

18. ДСТУ EN 482:2022. *Повітря робочої зони. Загальні вимоги до процедур вимірювання концентрацій хімічних речовин*. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 26 с.

19. ДСН 3.3.6.037-99. *Санітарні норми допустимого рівня шуму на робочих місцях*. – Київ : МОЗ України, 1999. – 19 с.

20. ДСН 3.3.6.039-99. *Санітарні норми вібрації на робочих місцях*. – Київ : МОЗ України, 1999. – 21 с.

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. ДСН 3.3.6.042-99. *Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень*. – Київ : МОЗ України, 1999. – 28 с.
22. European Commission. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board*. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2021. – URL: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu>
23. Papermaking Science and Technology Series / Eds. J. Gullichsen, H. Paulapuro. – Helsinki : Fapet Oy, 2000–2005. – Vols. *Drying; Paper and Board Grades*.
24. Плосконос В. Г., Примаков С. П., Черьопкіна Р. І. та ін. *Технологія паперу та картону: методичні вказівки до виконання розрахунків матеріального балансу води і волокна*. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 66 с.
25. Плосконос В. Г. *Технології і обладнання для виробництва пакувальних матеріалів: методичні вказівки до лабораторних і практичних робіт*. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 50 с.
26. Примаков С. П., Барбаш В. А. *Технологія паперу і картону: навчальний посібник*. – Київ : ЕКМО, 2008. – 425 с.
27. Purwaningsih, S. A., Suprpti, A., & Budiarti, I. Heavy metal pollution impact on environmental quality and human health // *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*. – 2022. – Vol. 10(11), e8. – <https://doi.org/10.4108/eai.16-11-2022.2326122>
28. Wever, R., van Kuijk, J., Boks, C. User-centred design for sustainable behaviour // *International Journal of Sustainable Engineering*. – 2008. – Vol. 1(1). – P. 9–20. – <https://www.researchgate.net/publication/228620795>
29. Huatatoca, A. *Elaboración de Papel Artesanal a Base de los Residuos Vegetales de los Tallos de Maíz y Cáscara de Plátano*. – Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2020. – 57 p. – <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional...>

					ДП 1118.00.003 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

ЕКСПЛІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ З ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ ПАКУВАЛЬНОГО

Номер рядка	Найменування	Кількість	Позиція
1	Гідророзбивач ГРВ-64	1	1
2	Басейн розпущеної маси УПВ-3	1	2
3	Дисковий млин МДС-24	4	3
4	Проміжний басейн УПВ-3	1	4
5	Композиційний басейн УПВ-1	1	5
6	Машинний басейн УПВ-1	1	6
7	Бак постійного рівня	1	7
8	Змішувальний насос №1	1	8
9	Установка вихрових очисників УВК-300-01	1	9
10	Змішувальний насос №2	1	10
11	Вузлоуловлювач ВЗ-13	1	11
12	Напірна сортувалка СЦН-2,0	1	12
13	Напірний ящик	1	13
14	Грудний вал	1	14
15	Грудна дошка	1	15
16	Гідропланки	6	16
17	Відсмоктувальні ящики	21	17
18	Гауч-вал	1	18
19	Вакуум-пересмоктувальний пристрій	1	19
20	Комбінований прес, що складається з валу з пересмоктувальною камерою та жолобчастого валу	1	20
21	Прямий одностітковий прес з вакуумною камерою	1	21
20	Башмачний прес типу NircoFlex	2	22
21	Сушильний циліндр	20	23
22	Холодильний циліндр	2	24

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Продовження додатку А

23	Чотиривальний каландр	1	25
24	Накат периферичного типу	1	26
25	Повздовжньо-різальний верстат	1	27
26	Бабіно-пакувальна машина	1	28
27	Гауч-мішалка	1	29
28	Згущувач шаберний	1	30
29	Басейн обігового браку	1	31
30	Гідророзбива сухого браку	1	32
31	Басейн розволоknеного сухого браку	1	33
32	Пульсаційний млин МП-00	1	34
33	Басейн підсіткових вод	1	35
34	Дисковий фільтр	1	36
35	Басейн прояснених вод	1	37

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82