

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

**Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології
Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

До захисту допущено:

В.о. завідувачки кафедри

_____ Віта ГАЛИШ

«___» _____ 2026__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Промислова екологія та
ресурсоефективні чисті технології»**

спеціальності G1 «Хімічні технології та інженерія»

**на тему: «Підвищення ефективності технології виробництва паперу для
гофрування»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ЛЦ-з21

Мироняк Наталія Миколаївна

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 – 2026 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології
Кафедра екології та технології рослинних полімерів
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність – G1 «Хімічні технології та інженерія»
Освітньо-професійна програма «Промислова екологія та
ресурсоефективні чисті технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувачки кафедри

_____ Віта ГАЛИШ

«___» _____ 2026__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту
Мироняк Наталії Миколаївні

1. Тема проекту «Підвищення ефективності технології виробництва паперу для гофрування»

керівник проекту Трембус Ірина Віталіївна, к.т.н., доц

затверджені наказом по університету від «19» травня 2026 р. № 1816-с

Строк подання студентом проекту 09 червня 2026 р.

2. Вихідні дані до проекту: папір для гофрування

3. Зміст пояснювальної записки. Обґрунтувати технологію виробництва паперу для гофрування, розробити технологічну частину, розрахувати матеріальний і тепловий баланс виробництва паперу, навести теоретичні відомості про основні технологічні процеси, описати об'ємно-планувальне рішення цеху, розробити заходи з охорони праці на виробництві паперу.

4. Перелік графічного 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 2026 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання	19.05.2026	
2	Проектування технологічної схеми	19.05.2026-21.05.2026	
3	Технологічна частина	21.05.2026-23.05.2026	
4	Розрахункова частина	24.05.2026-26.05.2026	
5	Оформлення графічної частини	27.05.2026-01.06.2026	
6	Будівельна частина	02.06.2026-07.06.2026	

Студентка _____ Наталія МИРОНЯК

Керівник проекту _____ Ірина ТРЕМБУС

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Підвищення ефективності технології виробництва паперу для
гофрування»

Київ – 2026 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП 2104. 00.003 ПЗ	Пояснювальна записка	72	
3	A1	ДП 2104. 01.003 ТК	Технологічна схема	1	
4	A1	ДП 2104. 02.003 ТК	План цеху	1	
5	A1	ДП 2104. 03.003 ТК	Поперечний розріз	1	
6	A1	ДП 2104. 04.003 ТК	Поздовжній розріз	1	
7	A1	ДП 2104. 05.003 ТК	Зведений матеріальний баланс	1	

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект: 72 стор., 7 табл., 8 рис., 22 джерел.

У роботі подано характеристику вихідної целюлозної сировини та обґрунтовано вибір допоміжних хімічних компонентів, що застосовуються на стадії підготовки маси. Розглянуто сучасне технологічне обладнання для виробництва паперу для гофрування, зокрема гідророзбивач Heli-Drum Pulper, напірний ящик Voith MasterJet 4Tec та прес башмачного типу NipcoFlex Shoe Press.

У технологічній схемі передбачено використання дискових млинів для розмелювання волокнистої маси, синтетичних формувальних сіток та високоефективних пресових систем, що забезпечують стабільність показників якості готової продукції. Виконано розрахунки матеріального та теплового балансів, які підтверджують раціональність використання сировини та енергоресурсів.

Проведено розрахунок основного технологічного обладнання, наведено об'ємно-планувальне і конструктивне рішенням будівлі цеху. У роботі враховано вимоги охорони праці та техніки безпеки, що забезпечує створення належних умов для виробничого процесу.

ЦЕЛЮЛОЗА, HEIL-DRUM PULPER, NIPCOFLEX SHOE PRESS, ПАПІР
ДЛЯ ГОФРУВАННЯ

					ДП 2104.00.003 ТК					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Мироняк Н.М.			Реконструкція технологічного потоку з виробництва паперу для серветок на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат		Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив		Трембц І.В.							6	72
Реценз.							КПІ ім. Ігоря Сікорського ФАПІЕ, гр. ЛЦ-з21			
Н. Контр.										
Затв.		Трембц І.В.								

ABSTRACT

Diploma project: 72 pages, 7 tables, 8 figures, 22 sources.

The study presents the characteristics of the initial cellulose raw material and substantiates the choice of auxiliary chemical components used at the pulp preparation stage. Modern technological equipment for corrugating paper production is considered, including the Heli-Drum Pulper, the Voith MasterJet 4Tec headbox, and the NipcoFlex Shoe Press.

The technological scheme provides for the use of disc refiners for fiber mass treatment, synthetic forming fabrics, and high-efficiency press systems, which ensure the stability of quality indicators of the finished product. Material and thermal balance calculations have been carried out, confirming the rational use of raw materials and energy resources.

The calculation of the main technological equipment has been performed, and volumetric-planning and structural solutions for the workshop building are presented. The study takes into account occupational safety and health requirements, ensuring the creation of appropriate conditions for the production process.

CELLULOSE, HELI-DRUM PULPER, NIPCOFLEX SHOE PRESS,
CORRUGATING PAPER

					ДП 2104.00.003 ТК					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Мироняк Н.М.			Реконструкція технологічного потоку з виробництва паперу для серветок на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат		Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив		Трембц І.В.							7	72
Реценз.							КПІ ім. Ігоря Сікорського ФАПІЕ, гр. ЛЦ-321			
Н. Контр.										
Затв.		Трембц І.В.								

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ.....	11
2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ	18
2.1 Характеристика сировини та хімічних реагентів	18
2.2 Технічні характеристики готової продукції.....	21
2.3 Теоретичні відомості про основні технологічні процеси виробництва паперу для гофрування	23
2.3.1 Потік підготовки волокнистої маси	23
2.3.2 Теорія розмелювання волокнистих напівфабрикатів	25
2.3.3 Теорія формування паперового полотна.....	26
2.3.4 Теорія очищення і сортування паперової маси	28
2.3.5 Теорія сушіння паперового полотна	31
2.4 Технологічна схема та її опис	33
3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ У ВИРОБНИЦТВІ КАРТОНУ.....	37
3.1 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу.....	37
3.2 Результати зведеного матеріального балансу волокна і води	52
3.3 Тепловий баланс.....	53
4 ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	56
5 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ	62
6.ОХОРОНА ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ.....	63
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	69

					<i>Пояснювальна записка</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Папір для гофрування є одним із ключових матеріалів сучасної пакувальної індустрії. Його основне призначення полягає у формуванні флютингу гофрокартону (середній шар), який забезпечує жорсткість, пружність та амортизаційні властивості конструкції. Саме завдяки цьому шару гофрокартон набуває здатності витримувати значні механічні навантаження, захищати продукцію від пошкоджень під час транспортування та зберігання, а також зберігати форму навіть за умов тривалого використання [1].

Потреба у вдосконаленні технології виробництва паперу для гофрування зумовлена кількома чинниками. Останніми роками стрімко зростає обсяг продажів товарів через інтернет. Це призводить до збільшення кількості посилок, які пересилаються поштовими та кур'єрськими службами. Відповідно, зростає потреба у пакувальних матеріалах, зокрема у гофрованих коробках, які забезпечують захист продукції під час транспортування. Сучасний ринок висуває підвищені вимоги до міцності та екологічності упаковки. Конкуренція між виробниками стимулює пошук нових технологічних рішень, які дозволяють знизити собівартість продукції та водночас забезпечити стабільність її якості [1].

Один із провідних європейських виробників флютингу - фірма Holmen - випускає флютинг (інтерлайн) марки Holmen INNR. Цей папір має зменшену масу 1 м^2 , але вирізняється високими механічними показниками. Технологія виготовлення паперу для гофрування зниженої маси забезпечує економію ресурсів, оскільки для виробництва потрібно менше первинного волокна. Завдяки своїй гладкій і рівній поверхні папір легко проходить через гофроагрегат, а через відсутність покриття, він також чудово взаємодіє з проклеюючими речовинами, що робить його ідеальним для використання, як інтерлайнера.

Папір для гофрування доцільно виготовляти з хвойної сульфітної

					Пояснювальна записка	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

целюлози, адже її довгі та міцні волокна забезпечують високу стійкість до механічних навантажень і стабільність структури готового картону. Не менш важливим є використання сучасного обладнання, адже воно дозволяє досягти рівномірності структури, стабільності товщини та високого ступеня зневоднення за мінімальних витратах енергії. Це означає, що підприємство отримує не лише якісний продукт, який відповідає вимогам, але й конкурентну перевагу на ринку завдяки економічності та відповідності міжнародним стандартам [2].

У сучасних умовах особливого значення набуває застосування інноваційних рішень у папероробних машинах. Використання нових напірних ящиків, удосконалених систем пресування дозволяє досягати більшої сухості паперу, що знижує енерговитрати та підвищує продуктивність. Провідні компанії, такі як Kadan чи Voith [3, 4], пропонують комплексні рішення для модернізації виробничих ліній, які забезпечують стабільність параметрів паперу та відповідність міжнародним стандартам [3].

Папір для гофрування є матеріалом великого значення для пакувальної галузі. Його виробництво потребує постійного вдосконалення, адже саме від якості флютингу залежить міцність та функціональність гофрокартону. 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 кращими показниками якості.

Тому темою дипломного проекту визначено розроблення технологічного потоку виробництва паперу для гофрування із продуктивністю 45 тис. тон на рік. Реалізація такого проєкту спрямована на створення сучасної виробничої лінії, яка забезпечить стабільний випуск високоякісної продукції відповідно до вимог чинних стандартів. Вибір саме цієї марки паперу зумовлений її широким застосуванням у пакувальній галузі, де вона використовується як основний матеріал для формування флютингу [1-4].

					Пояснювальна записка	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ

На сучасному етапі розвитку целюлозно-паперової промисловості якість макулатури, що надходить на переробку, є переважно низькою. Це зумовлено високим вмістом домішок, коротких волокон та неоднорідністю сировини. Для досягнення необхідних фізико-механічних показників паперу виробники змушені застосовувати значну кількість хімічних реагентів, що підвищує собівартість продукції та ускладнює технологічний процес.

У зв'язку з цим у дипломному проєкті пропонується використовувати як основну сировину хвойну невібілену сульфітну целюлозу марки Ж-4 та листяну невібілену сульфітну целюлозу марки СЛ-1 (перший сорт), у співвідношенні 75:25 %. Це дозволить знизити собівартість готової продукції при збереженні необхідних показників механічної міцності, передбачених нормативними документами [9]. Такий вибір обґрунтований її високим вмістом α -целюлози, низьким залишковим лігніном та стабільними показниками довжини волокна. Це дозволяє отримати папір для гофрування з підвищеною міцністю, жорсткістю та стійкістю до навантажень без надмірного використання хімічних добавок [2].

Для виробництва флутингу використовується первинне волокно виготовлене з сертифікованої сировини FSC, яка не шкодить лісовим господарствам Європи та є більш економічно вигідною. Застосування такої целюлози забезпечує стабільність фізико-механічних показників готового флутингу навіть в умовах високих швидкостей сучасних папероробних машин. Зокрема, високий вміст довговолокнистої фракції формує міцну матрицю паперового полотна, що критично важливо для досягнення високих значень опору площинному стисненню гофрованого зразка та опору торцевому стисненню. Саме ці показники безпосередньо визначають здатність готового гофрокартону витримувати статичні та динамічні навантаження при штабелюванні упаковки на складах.

					Пояснювальна записка	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У сучасного розвитку, одним з перспективних напрямків у виробництві гофропаперу є використання первинного волокна для виробництва продукції зниженої маси зі збереженням її механічних показників. Порівнюючи з традиційними компонентами паперу для гофрування, він легкий, але ще і міцний. Папір Holmen INNR (рис. 1.1) $73 \pm 3 \text{ г/м}^2$ є хорошою заміною стандартного паперу з вторинного волока для гофрування масою 80 – 85 (100) г/м^2 , що зменшує витрати волокна від 9 до 16 % [1].

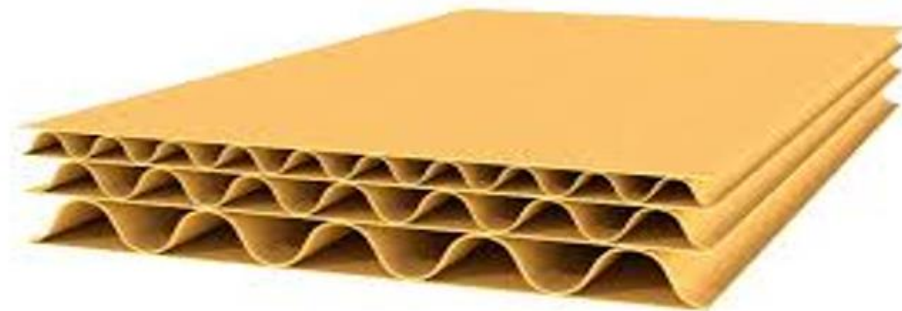


Рисунок -1.1 – Флютинг Holmen INNR

Запропонований технологічний потік має на меті задовольнити потреби внутрішнього ринку, який демонструє стійке зростання споживання пакувальних матеріалів у зв'язку з розвитком електронної комерції, логістики, харчової промисловості тощо. Виробництво у масштабах 45 тис. тон на рік дозволить не лише покрити існуючий дефіцит, але й створити резерв для подальшого розширення ринку.

Ступінь проклеювання такого типу паперу підтримується на рівні 0,8 – 1,2 мм, що забезпечує достатню жорсткість та стійкість до механічних навантажень. Виробництво здійснюється на папероробних машинах середньої та високої швидкості марок Б-48, БП-45А та Б-45, які дозволяють отримати стабільні параметри полотна при великих обсягах виробництва [1-3].

У процесі виготовлення паперу для гофрування нормується опір торцевому стисненню, який становить 0,75 – 1,7 кН/м [2]. Цей показник є

					Пояснювальна записка	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

критично важливим для забезпечення пружності та амортизаційних властивостей гофрокартону. Для дотримання зазначених показників якості у виробництві паперу для гофрування застосовуються технологічні рішення, спрямовані на оптимізацію використання первинного волокна, а також контроль параметрів проклеювання та сушіння. Це дозволяє отримати матеріал, який відповідає сучасним вимогам ринку та забезпечує стабільність фізико-механічних властивостей готової продукції. Для отримання необхідних фізико-механічних показників слід застосовувати новітнє обладнання. Зокрема це стосується гідророзбивачів.

Гідророзбивач компанії CNBM (ZDSZ27) є вертикальним гідророзбивачем низької концентрації (2 – 6 %) барабанного типу, який застосовується для розпускання як первинної сировини, так і макулатури (рис. 1.2). Основна перевага цього типу обладнання полягає в конструкції інтенсивного ротора, який створює потужні гідравлічні потоки, ефективно зтягує сировину в зону дроблення та розпускає її на окремі волокна без механічного пошкодження самих волокон.

Замість плоских макулатурних роторів тут використовуються високі гвинтові або S-подібні ротори, вони створюють інтенсивну вертикальну циркуляцію, яка створює сильне тертя, що механічно розпускає сухі листи хвойної целюлози. Це забезпечує скорочення циклу розпуску до 10–15 хвилин та знижує питоме споживання електроенергії приблизно на 30 % порівняно з традиційними роторами, що критично для підтримання продуктивності установки на рівні 150–300 тонн на добу [5].

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

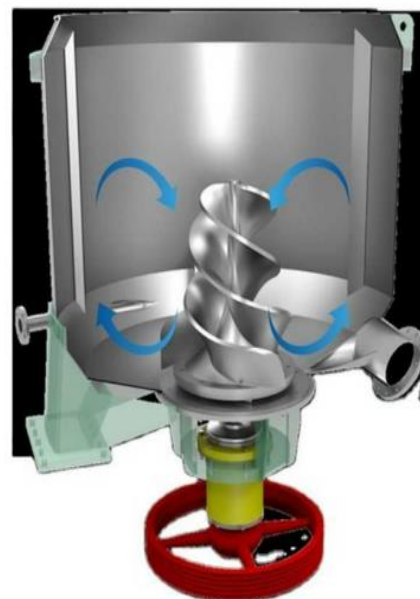


Рисунок 1.2 - Гідророзбивач низької концентрації компанії CNBM (ZDSZ27)

Установки цього типу здатні переробляти понад вісімсот тонн волокнистої маси на добу, працюючи за концентрації суспензії близько 2-6 %. Важливою перевагою гідророзбивача є його енергоефективність. Це робить обладнання економічно вигідним для великих виробництв, де стабільність і низькі експлуатаційні витрати мають вирішальне значення. Застосування CNBM (ZDSZ27) у виробництві целюлози та картону дозволяє зберігати довгі волокна, що безпосередньо впливає на міцність готової продукції [5].

Напірний ящик у папероробній машині є одним із ключових вузлів, що визначає якість готового паперу. Його головна перевага полягає у здатності забезпечувати рівномірний розподіл волокнистої суспензії по всій ширині сітки. Це означає, що папір виходить однорідним, без смуг, перепадів щільності чи слабких ділянок, які могли б знизити міцність гофрокартону.

					Пояснювальна записка	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виробництва флютингу така рівномірність є надзвичайно важливою, адже саме цей шар відповідає за жорсткість і здатність картону витримувати навантаження. Сучасні конструкції, зокрема Voith MasterJet 4Tec (рис. 1.3) [6], мають низку технічних удосконалень, які роблять їх значно ефективнішими порівняно з традиційними моделями.



Рисунок 1.3 – Напірний ящик Voith MasterJet 4Tec [6]

Система ModuleJet dilution control дозволяє регулювати масу потоку по ширині полотна з високою точністю. Це дає можливість виробнику досягати стабільних показників навіть на високих швидкостях роботи машини, що особливо важливо для великих виробництв.

Оптимізована конструкція напірного ящика мінімізує турбулентність потоку, завдяки чому волокна лягають рівномірно, а папір виходить більш однорідним. Це безпосередньо впливає на показники міцності на розрив та опору площинному стисканню. Ще однією перевагою є енергоефективність. Завдяки точному керуванню масою зменшується кількість виробничих відходів та дефектів, що скорочує витрати на мокрий брак і підвищує загальну економічність процесу. Крім того, сучасні напірні ящики дозволяють працювати з різними видами волокнистої сировини — як з первинним волокном, так і з макулатурою, що робить їх універсальними для виробництва різних видів паперу.

					Пояснювальна записка	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою перевагою є також стабільність параметрів паперу при зміні умов експлуатації. Завдяки точному контролю подачі суспензії виробник отримує матеріал, який зберігає свої властивості навіть при коливаннях вологості чи температури. [6].

У сучасних технологічних схемах часто застосовуються башмачні преси. Вони дозволяють досягти високого ступеня зневоднення, використовуючи меншу кількість обладнання. Для паперу для гофрування пропонується застосування пресової частини Voith NipcoFlex Shoe Press (рис. 1.4).

Порівняно з іншими пресовими системами, NipcoFlex має низку переваг. Традиційні пресові вали працюють за принципом точкового тиску, що часто призводить до нерівномірного зневоднення та утворення дефектів - смуг, перепадів щільності чи слабких ділянок. Shoe Press, навпаки, забезпечує плавний і рівномірний тиск по всій довжині контакту, що мінімізує ризик таких дефектів.

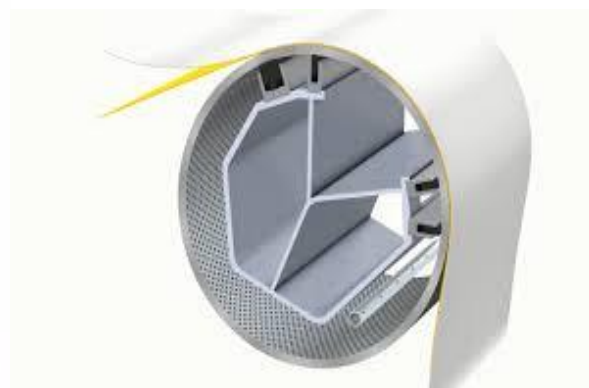


Рисунок 1.4 - Voith NipcoFlex Shoe Press [6]

Окрім того, він дозволяє досягти більш високого ступеня зневоднення ще до сушильної частини, що зменшує енергоспоживання і робить виробництво економічнішим та екологічнішим.

Важливо й те, що NipcoFlex забезпечує стабільність параметрів паперу навіть при високих швидкостях роботи машини. Після модернізації,

					Пояснювальна записка	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивність машини збільшується на 10-20%, заощаджується до 2ГДж/т [6], покращується якість продукції. Сухість полотна після пресової частини становить 50-55 %.

					<i>Пояснювальна записка</i>	Арк.
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ

2.1 Характеристика сировини та хімічних реагентів

Провідна європейська компанія Holmen випускає флютинг марки Holmen INNR, який завдяки своїй міцності може мати меншу масу 1 м² порівняно з традиційним макулатурним папером. Такий підхід забезпечує раціональне використання деревних ресурсів за рахунок зменшення питомих витрат сировини [7]. Для виробництва флютингу масою 73 г/м² пропонується використовувати композицію, що містить сульфітну хвойну невібілену целюлозу марки Ж-4 та листяну невібілену сульфітну целюлозу марки СЛ-1 (перший сорт) у співвідношенні 75 : 25 %. Показники якості сульфітної хвойної целюлози наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники якості сульфітної хвойної невібіленої целюлози марки Ж-4

Назва показника	Одиниця вимірювання	Норма
Механічна міцність під час розмелювання до 60 °ШР		
Розривна довжина	м	Не менше 7000
Міцність на злам під час багаторазових перегинів	к.п.п.	Не менше 1000
Фізико-хімічні показники		
Ступінь делігніфікації (за ISO 3260:2015)	од. Каппа	Не менше 27
Масова частка смол, жирів та восків	%	Не більше 1,5
Засміченість для смітинок площею:		
- від 0,1 до 1,0 мм ² включно	шт.	Не більше 750
Вологість (за ISO 638-1:2022)	%	Не більше 20
pH водневої витяжки (за ISO 6588-1:2021)	—	5,5 - 7,0

Невибілена листяна целюлоза марки СЛ-1 (перший сорт) є важливим компонентом у паперовій промисловості, який зазвичай виготовляється з деревини берези або тополі. Завдяки використанню листяних порід деревини цей вид целюлози має специфічну морфологічну структуру з порівняно коротшими волокнами (у межах від 0,6 до 1,2 мм). Така геометрія волокон відіграє ключову роль у формуванні якісних характеристик кінцевого продукту: вона забезпечує високу щільність структури паперового полотна, оптимізує гладкість поверхні та суттєво покращує його зовнішній вигляд. Базові фізико-хімічні та структурні параметри напівфабрикату, що безпосередньо впливають на технологічний процес переробки та кондиціонування. Зокрема, високий вміст альфа-целюлози (не менше 85 %) свідчить про високу хімічну стійкість та якість волокнистого матеріалу, а низький ступінь делігніфікації (число Каппа до 10) вказує на незначний вміст залишкового лігніну, що є характерним для м'якої та стабільної целюлозної маси.

Основні показники якості целюлози марки СЛ-1 (Значення показника відповідно до ISO 5269-1 і ISO 287:2017):

Показники механічної міцності

Ці параметри визначають здатність паперу витримувати механічні навантаження (високий опір до продавлювання та розриву):

- Розривна довжина: не менше 5500 – 6000 м;
- Опір роздиранню: не менше 400 – 450 мН;
- Опір продавлюванню: не менше 300 – 350 кПа;
- Опір злому (число подвійних перегинів): не менше 5 – 15.

Фізичні та структурні показники

Впливають на процес формування паперового полотна на машині та його щільність:

- Ступінь млива: 25 – 35 °ШР (° Шоппер-Ріглера);
- Вологість (постачальна): 8-12 %.

					Пояснювальна записка	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Хімічні показники

Характеризують якість варіння деревини (зазвичай берези або осики):

- Ступінь делігнікації (число Каппа): 55 – 85 од. Каппа;
- Масова частка лігніну: 4,0 – 7,5 %.
- Масова частка смол, жирів: не більше 1,5 % (для запобігання дефектам на сітці папероробної машини).
- Масова частка пентозанів: 15 – 20 % (характерно для листяних порід, сприяє швидшому розмелюванню волокна).
- Зольність: не більше 0,8 – 1,0 %.

Для надання паперу вологоміцності застосовують поліамідоаміноепіхлоргідринну смолу марки Fennostrength PA 21 згідно з сертифікатом якості (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Характеристика смоли марки Fennostrength PA 21 смоли

Найменування показника	Характеристика та норма за TDS виробника
1. Хімічний тип речовини	Поліамідоаміноепіхлоргідринна смола (PAE resin)
2. Масова частка сухого залишку (Dry content), %	20,6–21,4
3. Показник концентрації водневих іонів (рН смоли)	3,0 ± 0,5
4. Динамічна в'язкість (за температури 25 °C), мПа·с	50–200
5. Густина (за температури 25 °C), кг/м ³	1070
6. Граничний вміст побічних речовин (1,3-дихлор-2-пропанолу / 1,3-DCP), млн ⁻¹ (ppm)	не більше 999

					Пояснювальна записка	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Технічні характеристики готової продукції

Папір для гофрування марки Holmen INNR з масою площею 1 м^2 ($73 \pm 3 \text{ г}$) є важливим елементом у виробництві багат шарового гофрованого картону, де він виконує роль внутрішнього гофрованого шару. Завдяки оптимальному співвідношенню маси та композиційного складу, цей матеріал забезпечує необхідну жорсткість та амортизаційні властивості пакування, що дозволяє ефективно протидіяти зовнішнім механічним навантаженням під час транспортування та зберігання продукції.

Базові фізико-механічні параметри цього паперу, які безпосередньо впливають на технологічний процес гофрування та якість готового картону, наведено в табл. 2.3. Ключовим показником конструкційної міцності є опір площинному стисненню гофрованого зразка, який для смужки шириною 15 мм становить не менше 100 Н, що гарантує стійкість гофри до зминання.

Таблиця 2.3 – Показники якості флютингу марки Holmen INNR [4]

Назва показника	
Маса 1 м^2 , г	$73 \pm 3 \%$
Вологість, %	$7,5 \pm 0,5 \%$
Опір стисненню зразка на короткій відстані в поперечному напрямку, кН/м, не менше	$1,25 \pm 10 \%$
Опір площинному стисненню зразка паперу, Н, не менше	$100 \pm 10 \%$
Абсолютний опір продавлюванню, кПа, не менше	$170 \pm 10 \%$

Висока механічна міцність матеріалу також підтверджується показниками абсолютного опору продавлюванню (не менше 170 кПа) та питомого опору розриву в машинному напрямку (не менше 1,25 кН/м). Важливе значення для процесу склеювання шарів та прогнозування поведінки в умовах змінної вологості мають його гідрофільні властивості, детальний аналіз яких разом із супутніми водно-фізичними параметрами від повідно до ДСТУ 7798:2021 наведено в табл. 2.4.

					Пояснювальна записка	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підвищення міцності паперу у волокнисту масу додають крохмаль модифікований. Позначення крохмалю модифікованого наведено для марки окисненого та гідролізованого крохмалю згідно з ДСТУ 4347:2004. Показники якості крохмалю модифікованого повинні відповідати вимогам, наведеним у табл. 2.4

Таблиця 2.4. Показники якості крохмалю модифікованого

Назва показника	Норма для групи окисненого та гідролізованого крохмалю
Масова частка вологи, %: – для зернового – для картопляного	Не більше 14,0 17,0 - 20,0
Масова частка золи, %: – для зернового – для картопляного	0,3, не більше ніж 0,4, не більше ніж
Кислотність — витрати розчину гідроксиду натрію молярної концентрації NaOH = 0,1 моль/дм ³ на нейтралізацію 100 г сухої речовини, см ³ , не більше ніж	20,0
Умовна в'язкість водного крохмального клейстеру з масовою часткою крохмалю, с: – 6 % для зернового – 8 % для картопляного	20,0 - 35,0 35,0 - 40,0
Величина рН	4,8 - 7,5
Міцність крохмальних драглів, г	800 - 1000
Кількість вкраплень на 1 дм ² видимих неозброєним оком, шт., не більше ніж	280

2.3 Теоретичні відомості про основні технологічні процеси виробництва паперу для гофрування

Виробництво паперу для гофрування - є складним технологічним процесом, який поєднує механічну, хімічну та теплову обробку волокнистої маси.

2.3.1 Підготовка волокнистої маси

Розпуск є першою і однією з найважливіших стадій підготовки паперової маси. Головна мета цього процесу полягає у переведенні сухої товарної целюлози (у вигляді стосів або рулонів) та оборотного браку у стан однорідної водної суспензії. Критично важливою умовою правильного розпуску є розділення матеріалу на окремі волокна без зміни їхніх природних фізичних розмірів (без вкорочення, рубання чи фібриляції).

Механізм та фізика процесу:

- Процес здійснюється в апаратах безперервної або періодичної дії - гідророзбивачах. Робочим органом гідророзбивача є ротор із лопатями, який обертається на високій швидкості поблизу нерухомого статора (сита).
- Розділення на окремі волокна досягається завдяки комбінації трьох факторів:
 - Гідродинамічні сили зсуву: обертання ротора створює потужні вихрові потоки. Різниця у швидкостях шарів води розриває водневі зв'язки між волокнами сухої целюлози.
 - Механічне тертя: відбувається інтенсивне тертя шматків целюлози між собою, а також об лопаті ротора та стінки ванни.
 - Гідратація: проникнення води в капіляри волокон викликає їх набухання, що значно полегшує розрив міжволоконних зв'язків.

Для ефективного проведення процесу необхідно підтримувати суворий баланс між концентрацією маси, температурою та тривалістю обробки. Оптимальні параметри для сульфітної хвойної та листяної целюлози наведено у табл. 2.6.

					Пояснювальна записка	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 - Технологічні параметри процесу розпуску в гідророзбивачі

Найменування параметра	Одиниця виміру	Оптимальне значення	Вплив на технологічний процес
Робоча концентрація маси	%	3,0 – 4,5	Визначає ефективність передачі зсувних зусиль. Занадто низька - марнотратство енергії; занадто висока - зупинка ротора.
Температура води	°C	15 – 40	Підвищення температури прискорює проникнення води в капіляри та набухання волокон, зменшуючи час розпуску.
Тривалість циклу	хв	10 – 25	Залежить від жорсткості напівфабрикату. Для хвойної целюлози зазвичай потребує більше часу, ніж для листяної.
Питомі витрати енергії	кВт·год/т	15 – 35	Економічний показник ефективності роботи гідророзбивача.
Ступінь розпуску	%	не менше 95	Відсоток маси, що пройшла через отвори сита гідророзбивача без утворення нерозпущених пучків.

2.3.2 Теорія розмелювання волокнистих напівфабрикатів

Процес розмелювання первинного волокна сульфатної целюлози є найважливішою передумовою для досягнення високих фізико-механічних показників паперу для гофрування, оскільки саме на цьому етапі закладається потенціал для майбутнього капілярного стягування волокон під час сушіння.

Теоретичні основи розмелювання базуються на механічній обробці волокон у водному середовищі між робочими органами (ножами) дискових або конічних млинів, де целюлозна маса піддається комплексному впливу зусилля зрізу, стиснення та гідродинамічного тертя. Головною метою розмелювання первинної сировини для флютингу є деструкція первинної жорсткої стінки волокна, що забезпечує два ключові взаємопов'язані ефекти: внутрішню та зовнішню фібриляцію.

Внутрішня фібриляція супроводжується руйнуванням зв'язків між мікрофібрилами всередині стінки волокна, внаслідок чого вода вільно проникає в міжфібрилярний простір, викликаючи інтенсивне набухання та різке підвищення пластичності й гнучкості волокон. Зовнішня фібриляція полягає у частковому відшаруванні та розчісуванні зовнішніх шарів целюлози з утворенням на поверхні волокна величезної кількості дрібних фібрил, що колосально збільшує питому поверхню контакту маси. Крім того, у процесі фібриляції відбувається часткове укорочення волокон та утворення тонкодисперсних фракцій, які заповнюють проміжки між більшими волокнами, формуючи більш однорідну структуру паперового полотна. Це сприяє підвищенню механічної міцності готового матеріалу, покращенню його формувальних властивостей та рівномірності структури. На етапі підготовки маси закладається потенціал для майбутнього капілярного стягування волокон під час сушіння.

Загальну схему розмелювання маси в дискових млинах наведено на рис. 2.2.

					Пояснювальна записка	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

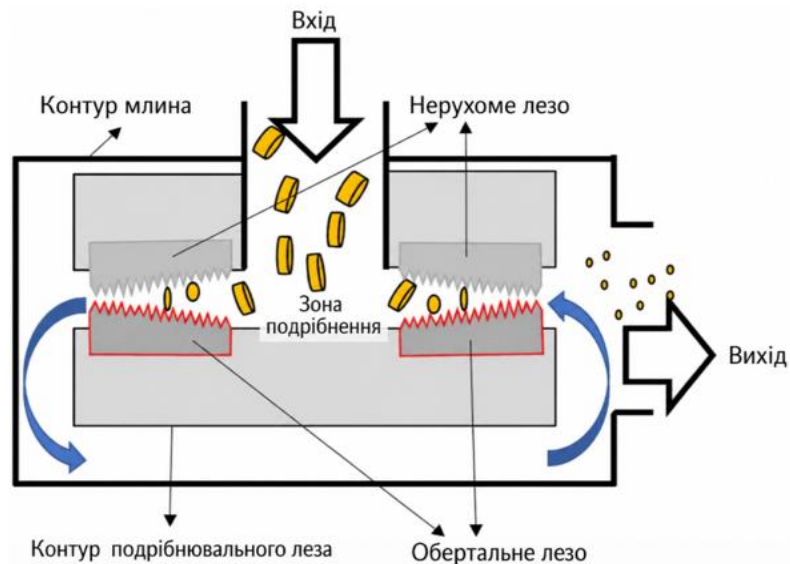


Рисунок 2.2 - Схема процесу розмелювання волокнистих напівфабрикатів в дисковому млині

Саме завдяки гнучкості та розвиненій фібрильованій поверхні розмелених волокон під час подальшого сушіння на циліндрах за рахунок ефекту Кемпбелла виникають потужні капілярні сили, які зближують гідроксильні групи целюлози та зумовлюють утворення максимальної кількості міжволоконних водневих зв'язків. Це забезпечує високі стартові показники опору площинному й торцевому стисненню (СМТ і ССТ) ще до проклеювального пресу.

2.3.3 Теорія формування паперового полотна

Формувальна частина є основою папероробної машини. Саме на цьому етапі розбавлена волокниста суспензія перетворюється на безперервне паперове полотно завдяки інтенсивному видаленню води та переплетенню волокон. Для флотингу критично важливим є рівномірне формування листа та правильна орієнтація волокон, адже саме вони формують майбутню жорсткість гофри (показники опору площинному та торцевому стисненню).

Процес формування починається в напірному ящику, який забезпечує ідеально рівномірний розподіл паперової маси по всій ширині сітки. Суспензія витікає на рухому нескінченну сітку (плоскосіткову або двосіткову

					Пояснювальна записка	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

систему) через випускну щілину, загальну схему флрмування паперовго полотна можна побачити на рис 2.2.

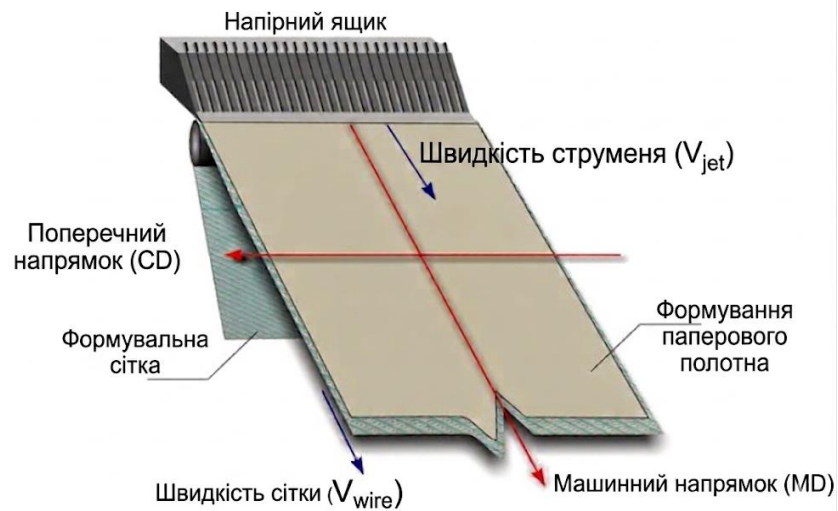


Рисунок 2.3 - Схема формування паперового полотна

Для флютингу надзвичайно важливим є контроль анізотропії - різниці міцнісних властивостей паперу в поздовжньому та поперечному напрямках. Керування орієнтацією волокон здійснюється за допомогою точного налаштування співвідношення швидкості витікання струменя маси з напірного ящика та швидкості руху самої сітки. Регулюючи цей показник (створюючи так званий напуск або відставання струменя), технологи контролюють напрямок укладання коротких листяних волокон, що дозволяє досягти оптимального балансу механічної міцності готового матеріалу.

Процес видалення води з суспензії на сітці відбувається у три етапи з поступовим наростанням інтенсивності зневоднення, щоб не пошкодити незміцнілу структуру полотна:

- Гравітаційне та гідродинамічне зневоднення: Одразу після напірного ящика маса потрапляє на формувальну дошку та систему гідропланок (фойлів). Завдяки спеціальному профілю гідропланок під сіткою створюється мікровакуум, який м'яко витягує воду, одночасно створюючи мікротурбулентність, що запобігає флокуляції (комкуванню) волокон.

- Вакуумне зневоднення: Далі полотно проходить над відсмоктувальними (вакуумними) ящиками. Тут вода примусово видаляється під дією поступово зростаючого розрідження (від низького до високого вакууму).
- Завершення формування: Останнім елементом сіткової частини є гауч-вал (відсмоктувальний вал). Він має перфоровану сорочку, всередині якої підтримується потужний вакуум. Гауч-вал завершує процес зневоднення на сітці, ущільнюючи полотно для безпечної передачі його до пресової частини.

2.3.4 Теорія очищення і сортування паперової маси

Перед подаванням на папероробну машину розведена паперова маса піддається комплексному гідродинамічному очищенню та сортуванню. Цей етап є критично важливим для виробництва паперу для гофрування) марки Holmen INNR, оскільки наявність сторонніх включень, вузлів волокон або пучків не лише погіршує фізико-механічні показники готового гофрокартону (зокрема опір площинному та торцевому стисненню), але й викликає обриви полотна на сітковій та пресовій частинах машини.

Теоретичні основи процесу базуються на розділенні багатокомпонентних суспензій у відцентровому полі та методом мокрого ситового розділення. Для забезпечення високої ефективності уловлювання домішок різної природи процес реалізується у два послідовні етапи: відцентрове очищення від важких мінеральних включень та барометричне сортування від надмірно великих волокнистих агрегатів.

Технологічний процес підготовки та триступеневого очищення маси перед відливанням здійснюється за такою схемою:

Для зниження структурної в'язкості суспензії та створення умов для вільного відносного руху індивідуальних волокон і частинок бруду, вихідна маса розбавляється обіговою водою у змішувальному насосі до строго контрольованої концентрації (приблизно 0,7 %). Таке низьке значення

					Пояснювальна записка	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

концентрації дозволяє мінімізувати процеси флокуляції (зчеплення) волокон між собою, що безпосередньо підвищує селективність подальшого розділення. Гідродинамічний потік ефективно дегломерує масу, переводячи у зважений стан вузли волокон, пучки, згустки, мінеральний бруд та слиз, що утворилися під час попередніх стадій масопідготовки.

Зі змішувального насосу розведена суспензія під тиском 300 кПа подається на перший ступінь відцентрових очищувачів - центриклінерів. Розділення домішок у центриклінерах базується на принципі створення вихрових потоків всередині конічного корпусу апарата. Під дією відцентрових сил частинки з високою питомою масою (пісок, мінеральні включення, костриця) відкидаються до периферії внутрішньої стінки корпуса і низхідним спіральним потоком спускаються у жолоб важких відходів. Очищене, легше й гнучкіше корисне волокно виноситься у висхідний центральний вихровий потік і прямує далі по технологічній лінії. Схему роботи центриклінера наведено на рис. 2.4

Для запобігання втратам кондиційного волокна з відходами в системі реалізовано замкнений триступеневий цикл:

Другий ступінь очищення: відходи з першого ступеня збираються в закритому колекторі (жолобі), розбавляються обіговою водою до концентрації 1,2 % (для зниження в'язкості згущеного потоку) та під тиском подаються на центриклінери другого ступеня. Очищена маса з цього етапу повертається на вхід першого ступеня для повторного циклу.

Третій ступінь очищення: відходи другого ступеня акумулюються в проміжному жолобі та перекачуються на третій ступінь відцентрового очищення. Очищений напівфабрикат з третього ступеня повертається на вхід другого ступеня, а остаточно сконцентровані важкі мінеральні відходи виводяться з системи на відвал.

					Пояснювальна записка	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

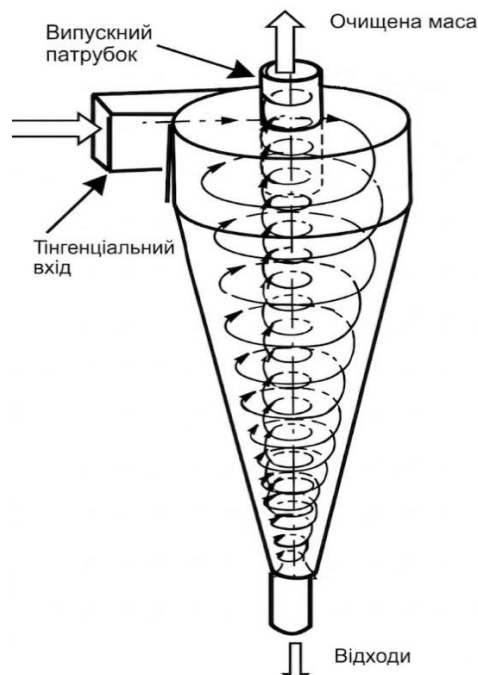


Рисунок 2.4 – Схема роботи центриклінера [2]

Пройшовши стадію відцентрового видалення мінеральних домішок, паперова маса надходить на кінцеву стадію тонкого сортування — вузлоуловлювач закритого типу (селектифайер). Робота селектифайера базується на принципі гідродинамічного калібрування суспензії крізь щілинне або перфороване сито. Маса під тиском 0,03 МПа надходить у верхню частину апарата через тангенціально розміщений штуцер, що створює первинний обертальний рух потоку вздовж сортувальної поверхні.

Селектифайер надійно затримує забруднення волокнистого характеру (вузли, пучки волокон, невизначені згустки маси та шматочки бруду), чії геометричні розміри перевищують ширину щілин сита, пропускаючи лише повністю розмелені, індивідуалізовані волокна хвойної та листяної целюлози. Для запобігання забиванню та заліпленню отворів сита волокнистим матом, всередині апарата безперервно обертаються спеціальні гідродинамічні ротори (крила), які створюють високочастотні імпульси тиску та розрідження, що постійно очищають сортувальну поверхню.

Відходи, що не пройшли крізь отвори сита, під дією сили тяжіння опускаються у нижню частину селектифайера та безперервно або періодично

					Пояснювальна записка	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

видаляються через спеціальний штуцер із регульованою засувкою. Далі цей потік направляється на допоміжну вібраційну сортувалку плоского типу. На вібросортувалці відбувається остаточне відділення корисного волокна від великих відходів під дією механічної вібрації та промивної води. Відокремлене кондиційне волокно разом із фільтратом направляється у збірник реєстрових вод для повернення на початок технологічного процесу, що забезпечує безвідхідність та високу економічну ефективність масопідготовчого відділу.

2.3.5 Теорія сушіння паперового полотна

Використання виключно первинного волокна замість макулатури кардинально змінює фізико-хімічну поведінку полотна та вносить суттєві корективи в роботу сушильної частини папероробної машини. Головна відмінність полягає в природі самого волокна: первинна целюлоза має високий ступінь гідратації, збережену пластичність стінок і значний потенціал до набухання, тоді як макулатурне волокно вже пройшло кілька циклів сушіння, через що його капілярна структура незворотно ороговіла. Внаслідок цього папір із первинного волокна утримує набагато більше внутрішньоволоконної, хімічно та гігроскопічно зв'язаної вологи, яка видаляється значно важче, ніж вільна капілярна вода з пористого макулатурного листа. У сушильній частині це зсуває межу між першим періодом сушіння та другим періодом у бік вищої вологості полотна, тобто період інтенсивної внутрішньої дифузії вологи починається раніше і триває довше. Для технологічного процесу це означає необхідність суворішого контролю температурного графіка в допресовій сушильній групі. Оскільки первинне волокно має високу водоутримувальну здатність, надто різке підняття температури на перших циліндрах викликає миттєве закипання води всередині стінок волокон, що призводить до мікророзривів і руйнування внутрішньоволоконної структури. Проте, завдяки колосальній кількості вільних гідроксильних груп на поверхні первинної целюлози, капілярне

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

стягування під дією ефекту Кемпбелла відбувається набагато потужніше, викликаючи інтенсивну усадку паперового полотна. Поперечна усадка (CD) у випадку первинного волокна може бути в 1,5–2 рази вищою[2], ніж у макулатурного паперу. Це вимагає особливого налаштування натягу сушильних сіток та оптимізації швидкісних режимів сушильних груп (ступеневого контролю приводу), щоб компенсувати поздовжню усадку без виникнення надмірних внутрішніх напружень, які могли б зробити флутинг крихким. У той же час, висока механічна міцність вологого полотна з первинного волокна знижує ризик обривів у вільних проміжках, що дозволяє працювати на вищих швидкостях і дещо послабити жорсткі вимоги до 100% замкнутого проведення (Upo_{run}) у середній зоні сушіння, хоча на початку машини воно залишається стандартом.

Суттєво змінюється і взаємодія з клеїльним пресом: первинне волокно завдяки своїй природній міцності забезпечує високі вихідні показники жорсткості та опору торцевому стисненню (CCT) навіть без надмірного нанесення крохмалю, тому витрата крохмального клею на пресі є меншою. Це зменшує кількість вторинної вологи, що вноситься в папір, і полегшує роботу післяпресової сушильної групи, де навантаження на циліндри стає більш збалансованим. Крім того, оскільки в первинній сировині відсутні макулатурні забруднювачі на кшталт скотчу, термоклеїв (hot-melts) чи залишків друкарських фарб, сушильні сітки перших груп практично не схильні до заліплювання смоляними плямами, що ліквідує потребу в агресивному хімічному та високотисковому безперервному промиванні сіток під час роботи. Кінцеве кондиціювання такого паперу також є більш передбачуваним: первинне волокно рівномірніше віддає вологу по ширині тамбура, дозволяючи чітко утримувати цільовий показатель кінцевої вологості в межах 7–8%, що є ідеальним для збереження еластичності волокон целюлози під час подальшого проходження через гофруючі вали.

					Пояснювальна записка	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Технологічна схема та її опис

Технологічну схему виробництва флютингу наведено на рис. 2.5

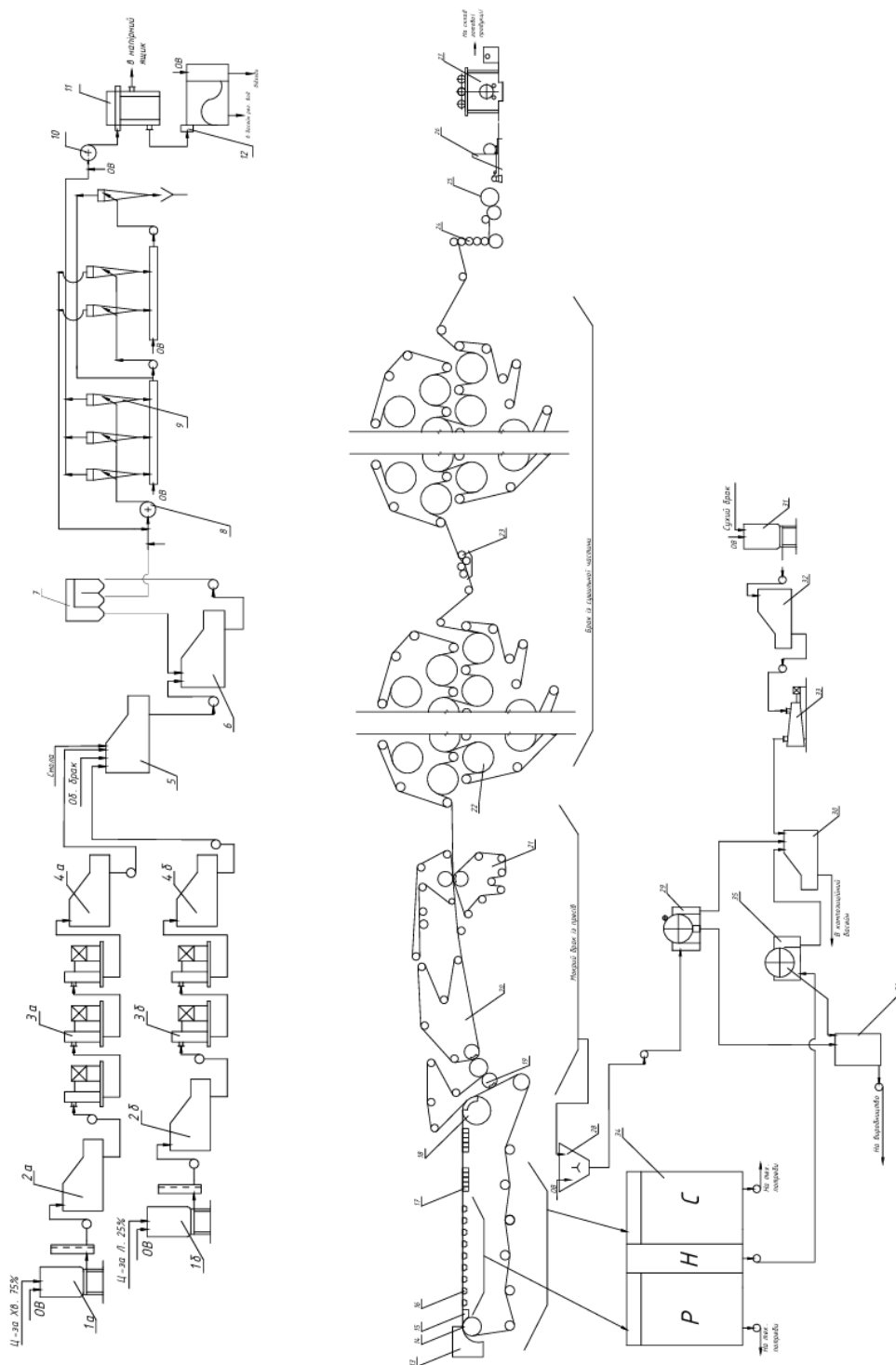


Рисунок 2.5 – Технологічна схема виробництва паперу для гофрування

					Пояснювальна записка		Арк.
							33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

На виробництві паперу для гофрування використовується система з двома потоками підготовки волокнистої маси. Основними потоками є хвойна целюлоза, яка забезпечує довгі та міцні волокна, та листяна целюлоза, що додає еластичності й рівномірності структурі. Процес починається з розпускання целюлози у гідророзбивачах (1а, 1б). Під дією води та механічного впливу відбувається розпускання волокон. Концентрація маси підтримується на рівні 3,5%, що дозволяє досягти оптимальної пластичності для подальшої обробки. Після цього проходить приймальний басейн (2а, 2б) і надходить у млини (3а, 3б), де здійснюється розмелювання та часткове фібрилювання волокон. Завдяки цьому майбутній папір набуває необхідних характеристик міцності. Для сульфітної хвойної целюлози передбачено три млина для досягнення ступеня млива 42 ± 2 °ШР (приріст ступеня млива становить близько 10 °ШР, початковий ступінь млива сульфітної хвойної целюлози 14 °ШР). Для листяної целюлози встановлено два дискових рафінера, приріст на одному млині становить 11-12 °ШР, а початковий ступінь млива - становить 17 °ШР.

Далі маса проходить через проміжні басейни (4а, 4б), які виконують функцію стабілізації та охолодження. У композиційному басейні (5) потоки з'єднуються, вводяться смола та обіговий брак у кількості 5,5 %. [2]

Після стабілізації маса розбавляється обіговою водою за допомогою змішувального насосу № 2(8) і баці постійного рівня (7) до концентрації 0,7304 %. Далі вона проходить багатоступеневе очищення у центриклинерах (9), де відділяються важкі домішки - пісок, металеві частки та інші включення. На заключному етапі очищення маса подається у вузлоуловлювач (11) та напірну сортувалку (12) які видаляють залишкові згустки та повертають придатні волокна у виробництво.

Очищена маса надходить у напірний ящик (13), який забезпечує рівномірну подачу на сітковий стіл папероробної машини. Тут відбувається початкове зневоднення за допомогою грудної дошки (15), гідропланок(16) та

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

вакуумних ящиків(17). Поступово формується волокнистий шар із вологістю 20 %, який далі передається у пресову частину.

У пресовій секції полотно ущільнюється та зневоднюється до сухості 53%. Для цього застосовуються кілька пресів різних конструкцій (19, 20, 21), що забезпечують поступове видалення вологи без пошкодження структури волокон. Після пресування папір надходить у сушильну частину, де проходить через систему циліндрів із поступовим підвищенням температури. На виході сухість полотна становить понад 96 %. [2]

Заключними етапами є охолодження, каландрування (24) та різання (26). Охолоджувальні циліндри стабілізують температуру та структуру полотна, каландр вирівнює товщину та згладжує поверхню, а різальний верстат формує рулони необхідної ширини. Готова продукція маркується, пакується та відправляється на склад або безпосередньо споживачеві. Виробничий цикл передбачає повернення браку та використання обігової води, що дозволяє зменшити втрати волокна та забезпечити економічність і екологічність процесу.

У процесі роботи папероробної машини машини неминуче утворюється певна кількість виробничого браку. Його прийнято розділяти на дві основні категорії: мокрий, що виникає у формуючій, пресовій та частково сушильній частинах, і сухий, який з'являється під час обрізки полотна, намотування рулонів та при запуску обладнання.

Мокрий брак збирається через систему жолобів і надходить до гауч-мішалки (28), де відбувається його повторне подрібнення разом із додаванням реєстрової води [2]. Після цього маса спрямовується на дисковий згущувач (29), який зменшує її об'єм, концентруючи волокно. Отриманий концентрат подається у басейн обігового браку (34), звідки у контрольованих пропорціях) він повертається у композиційний басейн, не порушуючи необхідної консистенції.

Сухий машинний брак потребує попереднього розпускання. Для цього його спрямовують у гідророзбивач обігового браку (31), де за допомогою

					Пояснювальна записка	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підігрітої реєстрової води та механічного впливу волокно повертається у робочий стан. За потреби додаткової обробки маса надходить у пульсаційний млин (33), після чого також потрапляє у басейн обігового браку.

Уся система повернення браку функціонує у напівавтоматичному режимі з постійним контролем вологості та концентрації маси. Це дає змогу не лише уникати втрат цінної сировини, а й підтримувати стабільну якість композиції, що подається на формування полотна.

Водопостачання у виробництві організоване за принципом замкненого циклу. Такий підхід мінімізує витрати свіжої води та знижує навантаження на очисні споруди, забезпечуючи економічність і екологічність процесу.

У ході роботи машини утворюється значна кількість підсіткових вод, що відводяться з вакуумних ящиків, сортувальних систем та інших вузлів. Вони збираються у жолоби №1 і №2, після чого надходять на дисковий фільтр. Тут відбувається відділення тонкодисперсного волокна, яке повертається у басейн браку, тоді як прояснена вода спрямовується у бак реєстрової води.

Регістрова вода повторно використовується на різних ділянках технологічного процесу: для розбавлення маси у змішувальних насосах, при розпусканні бракованої маси, під час дозування проклеюючих речовин чи стабілізуючих компонентів, а також для промивання обладнання та сіток. Якщо її якість не відповідає технічним вимогам (наприклад, спостерігається підвищена каламутність або бактеріальне забруднення), частину води скидають і замінюють свіжою, але лише у мінімально необхідному обсязі. Такий підхід дозволяє максимально використовувати обігову воду, поєднуючи економічність виробництва з екологічною відповідальністю.

					Пояснювальна записка	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ У ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ

3.1 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу [8]

Найменування статей	Вихідні дані		
	[1]	[2]	Приймаємо до розрахунку
1. Концентрація маси на різних стадіях виробництва, %			
На накаті	90,0	91,0-96,0	96,00
Після пресів	42,0	40,0-45,0	53,00
Після гауч-вала	20,0	18,0-23,0	20,00
Після відсмоктувальних ящиків	10,0	10,0-17,0	12,00
Після реєстрової частини	2,8	2,5-4,8	6,00
В напірному ящику	0,5	0,5-0,65	0,50
В баці постійного рівня	3,2	3,2-3,8	3,50
В композиційному басейні	3,2	3,2-3,8	3,50
В машинному басейні	3,2	3,2-3,8	3,50
В басейні оборотного браку	3,2	3,2-3,8	3,50
Скоп після дискового фільтра	3,2	3,2-3,8	3,50
Згущувач мокрого браку	3,2	3,2-3,8	3,50
Гідророзбивач сухого браку	3,2	3,2-3,8	3,50
Гідророзбивач хвойної целюлози	3,2	3,2-3,8	3,50
Гідророзбивач листяної целюлози	3,2	3,2-3,8	3,50
Гауч-мішалка	1,0	0,8-1,0	0,80
Басейн оборотного браку	3,2	3,2-3,8	3,50
Після селективатора	0,5	0,5-0,65	0,5000
Після змішувального насоса №1	0,51	0,50-0,65	0,5030
Після змішувального насоса №2	0,65	0,70-0,75	0,7304
Після центриклинерів I ступеня	0,63	0,67-0,71	0,7000
Після центриклинерів II ступеня	0,30	0,40-0,43	0,4000
2. Концентрація відхідних вод, %			
Регістрова вода	0,18	0,17-0,25	0,1800
Підсіткові води	0,003	0,003-0,004	0,0040
Відсмоктувальних ящиків	0,10	0,10-0,12	0,1000
Пресові води	0,10	0,10	0,1000
Від промивання сітки	0,005	0,003-0,004	0,0010
Від промивання сукон	0,0012	0,001	0,0010
Прояснених вод після дискового фільтра	0,0015	0,001	0,0010
В басейні надлишкових вод	0,20	0,15-0,35	0,2000
Від плоскої сортувалки	0,20	0,38-0,62	0,6000
Згущувача мокрого браку	0,05	0,03-0,04	0,0400

Продовження таблиці 3.1

3.Витрата свіжої та надлишкової води, л/т паперу			
Свіжа вода на промивання сіток	10000,0	15000,0	16000,0
Свіжа вода на спорски і відсічки відсмоктувальних ящиків	6000,0	8500,0	850,0
Свіжа вода на промивання сукон	4100,0	7000,0	7000,0
Свіжа вода на відсічки на гауч-валі	2000,0	3000,0	5000,0
Надлишкова вода на сортувалку	350,0	900,0	3500,0
4. Витрата хімікатів, л/т паперу			
5.Кількість браку , % від маси паперу			
В процесі оброблення паперу	1,0	1,5	1,0
На накаті	1,0	2,5	1,0
В процесі сушіння паперу	2,0	1,7	1,0
Мокрий брак	3,0	2,0	1,0
Після гауч-валу	2,0	1,0	1,5
6.Композиція паперу, %			
Целюлоза хвойна невибілена	100	20-80	75,0
Целюлоза листяна невибілена	100	20-80	25,0
7.Концентрація відходів сортування,			
Відходи селективфайера	0,8	0,7-1,6	1,0000
Центриклинерів I ступеня	1,2	1,1	1,2000
Центриклинерів II ступеня	0,75	0,7	0,7000
Центриклинерів III ступеня	0,60	0,72	0,5000
Відходи плоскої сортувалки	2,0	4,0	3,50
8.Сухість почасткових			
Хвойна целюлоза	88,0	88,0	88,0
Листяна целюлоза	88,0	88,0	88,0
9.Кількість відходів сортування, %			
Цетриклинери I ступеня	2,8 %	5,0 %	3,00 %
Цетриклинери III ступеня	1,0 кг	1,5 кг	1,10 кг
Селективфайер	1,2 %	0,8 %	1,00 %

3.3 Розрахунок матеріального балансу волокна та води

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 1,0 % 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.

В папері, що проходить через ПРВ міститься абсолютно–сухого волокна $1010 \cdot 0,96 = 969,60$ кг, води $1010,0 - 969,60 = 40,40$ кг.

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З накату	1010,00	96,00	969,60	40,40
Надійшло(всього)	1010,00		969,60	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

З урахуванням 1,0 % браку, що утворюється під час намотування паперу ($1000 \cdot 0,01 = 10$ кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на накат повинно надійти $1010 + 10 = 1020$ кг п/с паперу. З урахуванням вологи, в папері, що проходить через накат, міститься: абсолютно–сухого волокна

$1020 \cdot 0,96 = 979,20$ кг, води $1020 - 979,20 = 40,80$ кг.

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після сушіння	1020,00	96,00	979,20	40,80
Надійшло(всього)	1020,00		979,20	40,80
На ПРС	1010,00	96,00	969,60	40,40
В г/розб.сух.браку	10,00	96,00	9,60	0,40
Пішло (всього)	1020,00		979,20	40,80

					Пояснювальна записка	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сушильна частина



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після пресів	1883,77	53,00	998,40	885,37
Надійшло(всього)	1883,77		998,40	885,37
На накат	1020,00	96,00	979,20	40,80
Втрати пару	843,77	0,00	0,00	843,77
В г/розб.сух.браку	20,00	96,00	19,20	0,80
Пішло (всього)	1883,77		998,40	885,37

Пресова частина

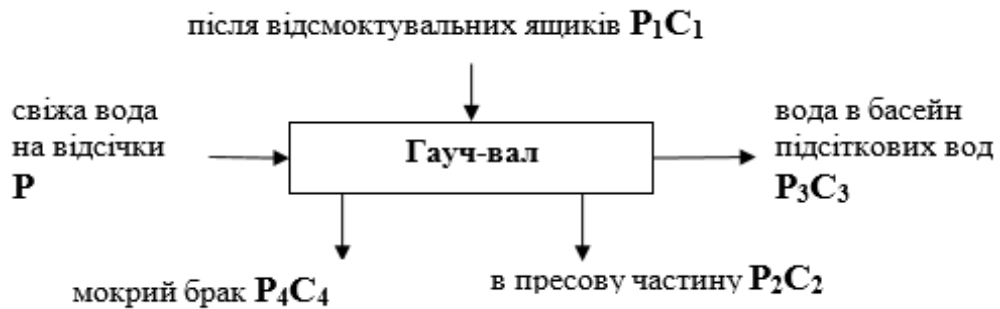
свіжа вода для промивання сукон P з гауч-преса P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після гауч-вала	5047,74	20,00	1009,55	4038,20
Св.вода на пр.сукон	5000,00	0,00	0,00	5000,00
Надійшло(всього)	10047,74		1009,55	9038,20
На сушіння	1883,77	53,00	998,40	885,37
Пресові води	3148,97	0,1000	3,15	3145,82
Води в/пром.сукон	5000,00	0,0010	0,05	4999,95
В /зміш.мокр.браку	15,00	53,00	7,95	7,05
Пішло (всього)	10047,74		1009,55	9038,20

Гауч-вал

					Пояснювальна записка	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після відсм.ящиків	8440,20	12,00	1012,82	7427,38
Св.вода на відсічки	3500,00	0,00	0,00	3500,00
Надійшло(всього)	11940,20		1012,82	10927,38
На пресову.частину	5047,74	20,00	1009,55	4038,20
Води від гауч-вала	6877,46	0,0040	0,28	6877,18
В г/зміш.мокр.браку	15,00	20,00	3,00	12,00
Пішло (всього)	11940,20		1012,82	10927,38

Відсмоктувальні ящики



Найменування	Маса, кг	Концентрація,	Волокно, кг	Вода, кг
Після	17142,10	6,00	1028,53	16113,57
Св.вода на відсічки	7000,00	0,00	0,00	7000,00
Надійшло(всього)	24142,10		1028,53	23113,57
На гауч-вал	8440,20	12,00	1012,82	7427,38
В бас.смокт.та	15701,90	0,1000	15,70	15686,20
Пішло (всього)	24142,10		1028,53	23113,57

Регістрова вода

					Пояснювальна записка	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після н.ящика	311971,93	0,50	1559,86	310412,07
Свіжа вода на	16000,00	0,000	0,00	16000,00
Надійшло(всього)	327971,93		1559,86	326412,07
На відсм.ящики	17142,10	6,00	1028,53	16113,57
Регістрові води	294829,83	0,1800	530,69	294299,14
В бас.смокт.та	16000,00	0,0040	0,64	15999,36
Пішло (всього)	327971,93		1559,86	326412,07

Напірний ящик

із селективфайєра P_1C_1



в регістрову частину P_2C_2

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після вузлоуловлюв.	311971,93	0,5000	1559,86	310412,07
Надійшло(всього)	311971,93		1559,86	310412,07
На рег.частину	311971,93	0,5000	1559,86	310412,07
Пішло (всього)	311971,93		1559,86	310412,07

Селективфайєр

					Пояснювальна записка	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

із змішувального насоса №1 P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.нас.№1	315123,17	0,5050	1591,37	313531,79
Надійшло(всього)	315123,17		1591,37	313531,79
На н/ящик	311971,93	0,5000	1559,86	310412,07
На плоску сортувал.	3151,23	1,0000	31,51	3119,72
Пішло (всього)	315123,17		1591,37	313531,79

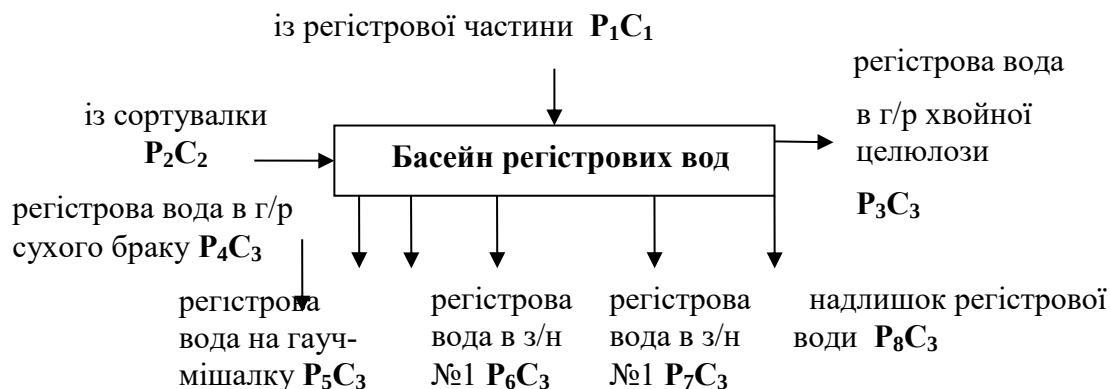
Сортувалка



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З бас.сосун.і	850,00	0,0515	0,44	849,56
Після селективфайєра	3151,23	1,0000	31,51	3119,72
Надійшло(всього)	4001,23		31,95	3969,28
В бас.реєстр.вод	3255,80	0,1800	5,86	3249,94
В цех виробн.папеу	745,43	3,5000	26,09	719,34
Пішло (всього)	4001,23		31,95	3969,28

Басейн реєстрових вод

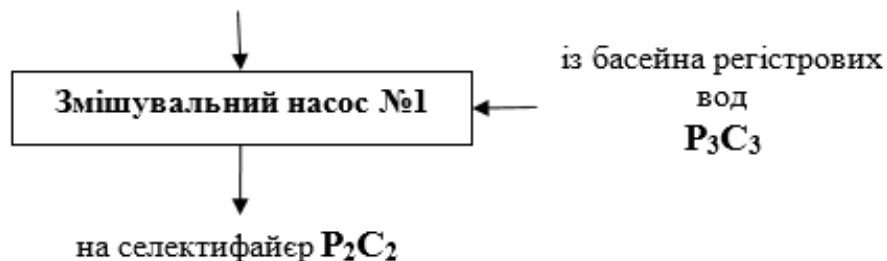
					Пояснювальна записка	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З регістрової частини	294829,83	0,1800	530,69	294299,14
Від плоск.сортув.	3255,80	0,1800	5,86	3249,94
Надійшло(всього)	298085,64		536,55	297549,08
На зм.насос №1	118171,19	0,1800	212,71	117958,48
На зм.насос №2	135948,04	0,1800	244,71	135703,33
На г/розб.листяної цел.	7162,25	0,1800	12,89	7149,35
На г/розб.хвойної цел. целцелюло	21494,13	0,1800	38,69	21455,44
На г/розб.сухого браку	1114,46	0,1800	2,01	1112,45
На зміш.мокр.браку	1727,42	0,1800	3,11	1724,31
В басейн надл.вод	12468,16	0,1800	22,44	12445,72
Пішло (всього)	298085,64		536,55	297549,08

Змішувальний насос №1

від центриклинерів І ступеня P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація,	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	118171,19	0,1800	212,71	117958,48
Після центрикл. Іст.	196951,98	0,7000	1378,66	195573,31
Надійшло(всього)	315123,17		1591,37	313531,79
На селективайер	315123,17	0,5050	1591,37	313531,79
Пішло (всього)	315123,17		1591,37	313531,79

Центриклинери I ступеня

із змішувального насоса №2 P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація,	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.насоса	209701,85	0,7304	1531,66	208170,19
Надійшло(всього)	209701,85		1531,66	208170,19
На змішув.насос	196951,98	0,7000	1378,66	195573,31
На центрикл. II і III	12749,87	1,2000	153,00	12596,87
Пішло (всього)	209701,85		1531,66	208170,19

Центриклинери II і III ступеня



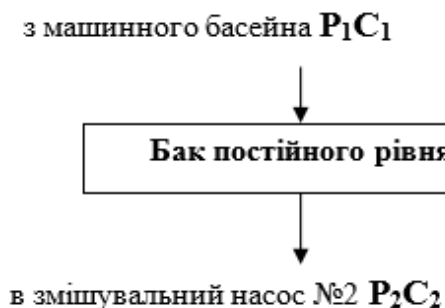
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після центрик. I ст.	12749,87	1,2000	153,00	12596,87
З бас.сосун.і підс.вод	29155,86	0,0515	15,03	29140,83
Надійшло(всього)	41905,73		168,03	41737,70
В змішув.насос №2	41755,73	0,4000	167,02	41588,71
Відходи у відвал	150,00	0,6700	1,01	149,00
Пішло (всього)	41905,73		168,03	41737,70

Змішувальний насос №2



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	135948,04	0,1800	244,71	135703,33
Від центриклин. II ст.	41755,73	0,4000	167,02	41588,71
З БПР	31998,08	3,5000	1119,93	30878,15
Надійшло(всього)	209701,85		1531,66	208170,19
На центрик. I ст.	209701,85	0,7304	1531,66	208170,19
Пішло (всього)	209701,85		1531,66	208170,19

Бак постійного рівня



					Пояснювальна записка	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після машин.басейна	31998,08	3,5000	1119,93	30878,15
Надійшло(всього)	31998,08		1119,93	30878,15
На зміш.насос №2	31998,08	3,5000	1119,93	30878,15
Пішло (всього)	31998,08		1119,93	30878,15

Машинний басейн

з композиційного басейна P_1C_1



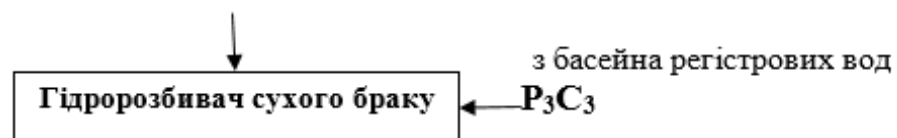
в бак постійного рівня P_2C_2

Найменування	Маса, кг	Концентрація,	Волокно, кг	Вода, кг
Після композ.басейна	31998,08	3,5000	1119,93	30878,15
Надійшло(всього)	31998,08		1119,93	30878,15
На БПР	31998,08	3,5000	1119,93	30878,15
Пішло (всього)	31998,08		1119,93	30878,15

Розрахунок блоків перероблення сухого та мокрого браку

Гідророзбивач сухого браку

відходи з ПРВ, сушіння, накату P_1C_1



в басейн оборотного браку
 P_2C_2

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З ПРС	10,00	96,00	9,60	0,40
З накату	10,00	96,00	9,60	0,40
З сушіння	20,00	96,00	19,20	0,80
З бас-ну рег.вод	1114,46	0,1800	2,01	1112,45
Надійшло(всього)	1154,46		40,41	1114,05
В басейн обор.браку	1154,46	3,5000	40,41	1114,05
Пішло (всього)	1154,46		40,41	1114,05

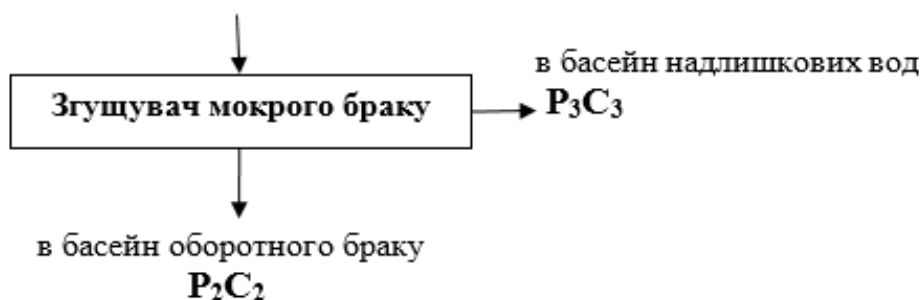
Гауч-мішалка мокрого браку



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З пресової частини	15,00	53,00	7,95	7,05
З гауч-вала	15,00	20,00	3,00	12,00
З бас-ну рег.вод	1727,42	0,1800	3,11	1724,31
Надійшло(всього)	1757,42		14,06	1743,36
На згущ.мокрого браку	1757,42	0,8000	14,06	1743,36
Пішло (всього)	1757,42		14,06	1743,36

Згущувач мокрого браку

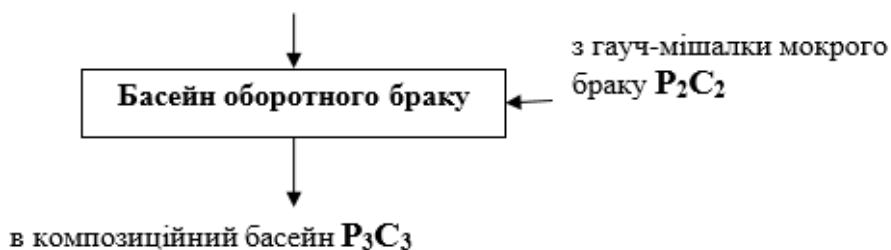
із гауч-мішалки P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.мокр.браку	1757,42	0,8000	14,06	1743,36
Надійшло(всього)	1757,42		14,06	1743,36
В басейн обор.браку	386,02	3,5000	13,51	372,51
В басейн надл.вод	1371,40	0,0400	0,55	1370,85
Пішло (всього)	1757,42		14,06	1743,36

Басейн обігового браку

із гідророзбивача сухого браку P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З г/розбив.сух.браку	1154,46	3,50	40,41	1114,05
Зі зміш.мокрого	386,02	3,50	13,51	372,51
Надійшло(всього)	1540,48		53,92	1486,56
В композиц.басейн	1540,48	3,50	53,92	1486,56
Пішло (всього)	1540,48		53,92	1486,56

Композиційний басейн

					Пояснювальна записка	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/розб.хвойної цел.	22330,95	3,5000	781,58	21549,37
Із г/розб.листяної цел.	7443,65	3,5000	260,53	7183,12
Із басейна обіг.браку	1540,48	3,5000	53,92	1486,56
Скоп з диск.фільтра	683,00	3,5000	23,91	659,10
Надійшло(всього)	31998,08		1119,93	30878,15
В машинний басейн	31998,08	3,5000	1119,93	30878,15
Пішло (всього)	31998,08		1119,93	30878,15

Басейн реєстрових вод

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З реєстрової частини	294829,83	0,1800	530,69	294299,14
Від плоск.сортув.	3255,80	0,1800	5,86	3249,94
Надійшло(всього)	298085,64		536,55	297549,08
На зм.насос №1	118171,19	0,1800	212,71	117958,48
На зм.насос №2	135948,04	0,1800	244,71	135703,33
На г/розб.поверхн.шару	7162,25	0,1800	12,89	7149,35
На г/розб.нижн.шару	21494,13	0,1800	38,69	21455,44
На г/розб.сухого	1114,46	0,1800	2,01	1112,45
На зміш.мокр.браку	1727,42	0,1800	3,11	1724,31
В басейн надл.вод	12468,16	0,1800	22,44	12445,72
Пішло (всього)	298085,64		536,55	297549,08

Басейн надлишкових вод

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	12468,16	0,1800	22,44	12445,72
З басейну смокт. та підс. вод	1696,04	0,0515	0,87	1695,17
Від гауч-вала	6877,46	0,0040	0,28	6877,18
Від сгущ.мокр.браку	1371,40	0,0400	0,55	1370,85
Надійшло(всього)	22413,06		24,14	22388,92
На дисковий фільтр	22413,06	0,1077	24,14	22388,92
Пішло (всього)	22413,06		24,14	22388,92

Дисковий фільтр

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну надл.вод	22413,06	0,1077	24,14	22388,92
Надійшло(всього)	22413,06		24,14	22388,92
В композиц.басейн	683,52	3,50	23,92	659,60
В басейн освітл.вод	21729,53	0,0010	0,22	21729,31
Пішло (всього)	22413,06		24,14	22388,92

Басейн прояснених вод

з дискового фільтра Р₁С₁



надлишкова прояснена

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після дисков.фільтра	21729,53	0,0010	0,22	21729,31
Надійшло(всього)	21729,53		0,22	21729,31
На очисні споруди	21729,53	0,0010	0,22	21729,31
Пішло (всього)	21729,53		0,22	21729,31

					<i>Пояснювальна записка</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Результати зведеного матеріального балансу волокна і води

Таблиця 3.2 – Результати зведеного матеріального балансу волокна

Таблиця зведеного балансу води і волокна		
Волокно (абс.сух.),кг	Надходженн	Витрата
Хвойна целюлоза	743,28	
Листяна целюлоза	247,64	
Всього:	990,92	
Готова продукція		960,00
Відходи центриклинерів III ст.		1,01
З пресовими водами		3,15
Промивання сукон		0,05
На очисні споруди		0,22
Відходи сортувалки (в цех виробн. макул.		26,09
Відходи підгот. маси нижн. шару		0,39
	Всього	990,90
Вода, кг	Надходження	Витрата
З хвойною целюлозою	101,36	
З листяною целюлозою	33,77	
Свіжа вода на промивання сіток	16000,00	
Свіжа вода на відсічки відсм. ящиків	7 000,00	
Свіжа вода на промив. сукна	5 000,00	
Свіжа вода на відсічки в гаучі	3 500,00	
Всього:	31 635,13	
З готовою продукцією		40,00
З паром при сушінні		843,77
З відходами центр. III ст.		149,00
З пресовими водами		3145,82
Промивка сукон		4999,95
На очисні споруди		21729,31
З відходами сортувалки (в цех виробн.паперу)		719,34
З відходами підгот.маси целюлози		7,43
	Всього	31 634,62

					Пояснювальна записка	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$990,92 - 960 = 30,92 \text{ кг.}$$

В такому випадку вимої волокна

(*ВВ*) становлять:

$$ВВ = (30,92 \cdot 100) / 990,92 = 3,12 \%$$

Якщо взяти до уваги, що відходи від центриклінерів 3-го ступення не класифікуються, як волокно, а відходи від сортувального обладнання будуть використані як волокниста сировина у картонному цеху,- то обсяг безповоротних втрат волокна можна скоротити:

$$990,92 - 960 - 1,01 - 26,09 = 3,82 \text{ кг}$$

Відповідно, обсяг вимивання волокна (*ВВ*) становитиме:

$$3,82 \cdot 100 / 990,92 = 0,39 \%$$

3.3 Тепловий баланс

Розрахунок теплового балансу сушильної частини папероробної машини спрямований на визначення загальної потреби в технологічній парі для висушування вологого полотна паперу для гофрування після пресової частини до заданої кінцевої вологості. Вихідні дані та розрахунковий баланс наведено в табл. 3.3

					Пояснювальна записка	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 - Вихідні дані та розрахунок контактного сушіння паперу

Вихідні дані		
Продуктивність, кг/год.	$G=$	5911
Початкова вологість матеріалу, %	$W_1=$	47
Кінцева вологість матеріалу, %	$W_2=$	4
Початкова температура матеріалу, °C	$t_1=$	20
Початкова температура повітря, °C	$\theta_1=$	10
Початкова вологість повітря, %	$F_1=$	0,5
Кінцева температура повітря, °C	$\theta_4=$	80
Кінцева вологість повітря, %	$F_2=$	0,9
Температура повітря після теплообмінників, °C	$\theta_2=$	25
Температура пари, що гріє, °C	$\theta_{\text{пар}}=$	120

Тепловий баланс сушки	
Стаття приходу/витрати тепла	кДж/год
Прихід тепла	
1. З паром, що поступає в сушильні циліндри	13809714.59
2. З паром, що поступає в калорифер	1657161.595
3. Тепло використане в теплообміннику	558688.7632
Усього	16025564.95
Витрати тепла	
1. На підігрів матеріалу	1217175.275
2. На сушку в 2-му, 3-му періодах	12303443.08
3. На втрати в навколишнє середовище	83961.95854
4. На втрати з невикористаним повітрям	55868.87632
5. На підігрів повітря в теплообмінниках	558688.7632
6. На втрати з повітрям йдуть	1992656.589
Усього	16211794.54

					Пояснювальна записка	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку		
Витрати пари в сушільній частині, кг/год.	$D_1 =$	6290.324085
Витрати пари в калориферах, кг/год.	$D_2 =$	754.836997
Загальна витрата пари, кг/год.	$D =$	7045.161082
Витрата пари на 1 кг матеріалу, кг/год.	$D_{уд} =$	1.191872963
Кількість повітря, що подається в сушку, кг/год.	$L =$	36968.25111
Кількість свіжого повітря, кг/год.	$L_9 =$	40665.07622
Поверхня теплопередачі для підігріву в сушку, m^2	$F_1 =$	17.38821822
Поверхня теплопередачі для сушіння, m^2	$F_{2,3} =$	247.8094753
Загальна поверхня теплопередачі, m^2	$F =$	265.1976935
Температура повітря на вході в суш. частини, $^{\circ}C$	$\theta_3 =$	74.49243578
Температура матеріалу при сушці з пост, скор., $^{\circ}C$	$t_2 =$	60
Сер. Температура матеріалу під періода 2,3, $^{\circ}C$	$t_4 =$	78.9
Сер. Температура матеріалу, $^{\circ}C$	$t_5 =$	40
Температура матеріалу після сушіння, $^{\circ}C$	$t_3 =$	113.55

4 ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Виробництво паперу для гофрування здійснюється на папероробній машині типу Б-48, яка оснащена плоскітковим формуючим пристроєм. Основні технічні параметри обладнання наведені у джерелі [6]: робоча швидкість – 450 м/хв, а добова продуктивність сягає 400 тонн.

Продуктивність папероробної машини визначається за формулою [5]:

$$Q = 0,06 \cdot B \cdot V \cdot g \cdot t \cdot K_1 \cdot K_2$$

де 0,06 – коефіцієнт перевodu одиниць часу та маси;

B – обрізна ширина полотна, м;

V – швидкість папероробної машини, м/хв.;

g – маса 1 м² полотна, г;

t – тривалість роботи ПРМ, год;

K_1, K_2 – коефіцієнти, що враховують використання максимальної робочої швидкості $K_1 = 0,90$; $K_2 = 0,98$;

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \cdot 3,4 \cdot 450 \cdot 73 \cdot 0,90 \cdot 0,98 = 5911 \text{ кг/год} = 5,911 \text{ т/год.}$$

Розраховуємо добову продуктивність із врахуванням того, що підприємство працює 22,5 год/добу.

$$Q_{\text{доб}} = 5910,6 \cdot 22,5 = 132\,988,5 \text{ кг/добу} = 132,9 \text{ т/добу.}$$

Також розраховуємо річну продуктивність машини із врахуванням того, що підприємство працює 345 днів/рік.

$$Q_p = 132\,988,5 \cdot 345 = 45\,000 \text{ т/рік}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика сіткової частини ПРМ:

- довжина сіткового столу – 17200 мм;
- ширина сіткового столу – 3650 мм;
- обрізна ширина полотна – 3400 мм
- максимальна швидкість – 490 м/хв
- сітковий стіл ПРМ включає в себе:
- грудний вал – 1 шт;
- формуюча дошка – 1 шт;
- гідропланки – 4 шт;
- відсмоктувальні ящики – 7 шт;
- відсмоктуючий гауч-вал – 1 шт.

Сухість паперового полотна після сіткової частини становить 20 %.

Гідророзбивач CNBM (ZDSZ27)

- Режим роботи – безперервний;
- Корисний об'єм – 30 м³;
- Діаметр отворів сита – 2,5 мм;
- Діаметр ванни – 1500 мм;
- Продуктивність – 150 т/доб;
- Потужність двигуна – 250 кВт.

Гідророзбивач CNBM (ZDSZ27) встановлюється як для потоку хвойної целюлози, так і для листяного потоку розмелювання целюлози.

Для хвойної целюлози:

Продуктивність 75% від загального – 99,7 т/добу $\approx$ 100 т/добу

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добГідророзбивача}}} = \frac{100}{150} = 0,67 \approx 1 \text{ гідророзбивач}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для листяної целюлози:

Продуктивність потоку становить 25% від загального – 33 т/добу.

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб}} \text{Гідророзбивача}} = \frac{33}{150} = 0,22 \approx 1 \text{ гідророзбивач}$$

Здвоєні дискові млини

Після стадії **розпускання** волокниста маса надходить до дводискових млинів, де здійснюється її подальша механічна обробка. На цьому етапі відбувається інтенсивне розмелювання, фібрилювання та часткове скорочення довжини волокон, що забезпечує їхню готовність до формування паперового полотна. Для виконання цих операцій на підприємстві застосовуються сучасні млини типу **МДС-35**, які відзначаються високою **ефективністю та стабільністю роботи**.

Для переробки хвойної **целюлози встановлено три млини**. Листяна целюлоза обробляється у двох аналогічних млинах, що відповідає її структурним особливостям та технологічним вимогам.

Основні технічні характеристики **МД-35**:

- Діаметр дисків: 1000 мм;
- Частота обертання ротора: 600 хв⁻¹;
- Установочна потужність: 1000 кВт;
- Потужність холостого ходу: 320 кВт;
- Окружна швидкість ротора: 31,4 м/с
- Продуктивність: 110-400 т'добу;
- Маса: не більше 22 т.

Для хвойної целюлози:

СП_к = 42 °ШР

СП_п = 14 °ШР

Приріст на одному млині: 10 °ШР

$$\frac{СП_k - СП_p}{10} = \frac{42 - 14}{10} = 2,8 \approx 3 \text{ млини}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для листяної целюлози:

$$\text{СП}_\kappa = 32 \text{ }^\circ\text{ШР}$$

$$\text{СП}_\pi = 14 \text{ }^\circ\text{ШР}$$

Приріст на одному млині: 12 °ШР

$$\frac{\text{СП}_\kappa - \text{СП}_\pi}{12} = \frac{32 - 14}{12} = 1,5 \approx 2 \text{ млини}$$

Системи вихрових очисників

Для хвойної целюлози використовуються вихрові очисники моделі УВК-400-02.

Система складається з трьох ступенів очищення:

- Продуктивність: 400 т/добу
- Пропускна здатність очисника: 400 л/хв
- Діаметр очисника: 160 мм
- Діаметр отворів насадки: 24 мм
- Кількість ступенів: 3
 - 1-й ступінь: 152 шт
 - 2-й ступінь: 46 шт
 - 3-й ступінь: 10 шт
- Габаритні розміри: 11,39 × 6,64 × 3,20 м
- Маса з насосом та двигуном: 48,60 т

$$\frac{\text{П}_{\text{доб}}}{\text{П}_{\text{добУВК}}} = \frac{133}{400} = 0,33 \approx 1 \text{ установка вихрових конічних очисників}$$

Вузлоуловлювачі (ВЗ-15)

Заключне очищення волокнистої маси перед її подачею на формувальну секцію машини здійснюється за допомогою вузлоуловлювачів типу ВЗ-15. Це ситові агрегати, призначені для вилучення так званих «вузлів» — ділянок злипання волокон або залишків нерозмелених частинок.

					Пояснювальна записка	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні характеристики:

- Площа сита — 5,60 м²;
- Діаметр отворів — 1,4-2,4 мм;
- Продуктивність — 100-400 т/добу.

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добВЗ-01}}} = \frac{133}{400} = 0,33 \approx 1 \text{ вузлоуловлювач}$$

Шаберний згущувач

Обсяг маси, що надходить на шаберний згущувач, становить близько 2 % від загальної кількості. Виходячи з цього показника, визначається потреба у відповідному числі одиниць обладнання.

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добСШ}}} = \frac{133 * 0,02}{25} = 0,11 \approx 1 \text{ згущувач}$$

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: 3,55х2,25х2,56 м
- маса: 4 т

					Пояснювальна записка	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обсяг сухого браку, що виникає у сушильній секції та під час подальшої обробки картону, становить у сумі близько 6 %. Відповідно, за добової продуктивності 133 т утворюється $0,06 \cdot 133 = 7,98$ т сухих відходів.

Обираємо гідророзбивач ГРВ-6:

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добГРВ-6}}} = \frac{7,98}{18} = 0,44 \approx 1 \text{ гідророзбивач}$$

Технічна характеристика гідророзбивача ГРВ-6:

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

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

5 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ

Будівля виробничого цеху виконана у вигляді збірної залізобетонної конструкції з двома поверхами, що спирається на 150 колон із кроком 6 м. Основні габарити споруди становлять: довжина - 150 м, ширина - 30 м, висота до покрівлі - 18,9 м. Ширина проходів складає 1 м, сходових площадок - 1,4 м, коридорів - 1,5 м, дверних прорізів - 1 м.

Віконні прорізи мають розміри 3×3 м, двері однопільні шириною 0,9 м. При розміщенні технологічного обладнання враховано його конструктивну прив'язку до будівлі. У споруді передбачено монтажний отвір для ремонтних робіт та встановлення мостового крану.

У межах першого поверху розташовані машинні басейни, гауч-мішалка та насосне обладнання. Будівля розділена двома температурними швами, що забезпечують компенсацію деформацій. Фундаменти під колони виконані зі збірного залізобетону, глибина закладання становить 1,5 м.

Цех належить до третьої групи виробничих процесів, що передбачає наявність побутових приміщень для персоналу: кабінетів начальника цеху, технолога, керівника ремонтних служб, кімнати майстрів тощо. Площа кожного приміщення становить від 9 до 12 м². Допоміжні приміщення мають ширину 12 м та висоту 4,2 м. У душових, туалетах і роздягальнях передбачено штучне освітлення. Гардеробні обладнані шафами для зберігання особистих речей і спецодягу (висота — 165 см, ширина — 40 см, глибина — 50 см). Душові розташовані суміжно з гардеробами та оснащені системами опалення й вентиляції.

					Пояснювальна записка	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ

Створення безпечних умов праці на підприємствах целюлозно-паперової промисловості є не лише вимогою законодавства, а й важливим чинником стабільності технологічного процесу.

Охорона праці у виробництві паперу для гофрування є невід'ємною складовою технологічного процесу. Високий рівень механізації, використання великогабаритних машин, постійна дія шуму, пилу та високих температур створюють умови, що потребують комплексного підходу до безпеки. Забезпечення охорони праці не лише відповідає вимогам законодавства, а й прямо впливає на стабільність виробництва, якість готової продукції та екологічну відповідальність підприємства.

Головний зал папероробної машини має площу 3014,6 м². Приміщення віднесено до категорії В за вибухопожежною небезпекою (ДСТУ Б В.1.1-36:2016) [10], оскільки процеси пов'язані з обробкою волокнистих матеріалів та утворенням пилу. За умовами середовища зал вважається сирим, із наявністю струмопровідної підлоги та металоконструкцій, що підвищує ризик ураження електричним струмом.[11]

У виробництві паперу для гофрування персонал постійно перебуває під впливом комплексу небезпечних чинників. Найбільш поширеними є шум від роботи насосів, вентиляторів та сушильних циліндрів, вібрації від роторних агрегатів, пил від розвантаження макулатури та введення наповнювачів[12], а також високі температури у сушильній частині машини. Додаткову небезпеку становить ризик ураження електричним струмом через вологість приміщення та наявність металевих конструкцій. Використання хімічних реагентів (крохмаль, каолін, барвники) створює ризик подразнень та хімічних опіків. Усі ці фактори потребують системного контролю та впровадження інженерних і організаційних заходів.

					Пояснювальна записка	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Устаткування папероробного виробництва (насоси високого тиску, дозуючі агрегати, приводи пресів та арматури) працює з електричним струмом, параметри якого значно перевищують безпечні для людини межі ($U = 36 \text{ В}$, $I = 6 \text{ мА}$). Потрапляння працівника під дію струму за таких умов може спричинити тяжкі електротравми, фібриляцію серця або навіть летальні випадки.

Для гарантування безпеки персоналу при проектуванні та експлуатації електромереж застосовується комплекс технічних і організаційних заходів відповідно до вимог ПУЕ та НПАОП 40.1-1.21-98 [14].

Використовується обладнання закритого типу: усі двигуни, пускові апарати та інші електроустановки мають ступінь захисту оболонки не нижче IP54–IP55, що запобігає проникненню вологи та хімічних бризок [13].

Реалізовано систему захисного заземлення та занулення. Усі металеві частини, які не проводять струм, але можуть опинитися під напругою при пошкодженні ізоляції, підключені до магістралі заземлення [14].

Впроваджено пристрої захисного вимкнення (ПЗВ) та диференційні реле. Вони автоматично відключають пошкоджену ділянку мережі у випадку витоку струму на корпус за час, що не перевищує 0,2 секунди.

Лінії живлення обладнані автоматичними вимикачами, які запобігають аварійним режимам, перевантаженням та коротким замиканням, що можуть призвести до руйнування ізоляції [15].

Живлення кіл керування та місцевого освітлення здійснюється через розділові трансформатори зниженої напруги. Стан ізоляції мережі контролюється автоматичними сигналізаторами, що дозволяє своєчасно виявляти небезпечні відхилення [16].

Окрім технічних рішень, застосовуються організаційні заходи. На робочих місцях встановлюються попереджувальні знаки та плакати відповідно до ДСТУ EN ISO 7010:2019 («Стій! Напруга», «Не вмикати! Працюють люди») [17]. Працівники забезпечуються діелектричними

					Пояснювальна записка	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інструментами та засобами індивідуального захисту — рукавичками, килимками, спеціальним взуттям.

У технології виробництва паперу для гофрування застосовуються крохмальні проклеювачі, мінеральні наповнювачі та барвники. Потрапляння цих речовин на шкіру або слизові оболонки може викликати подразнення чи опіки. Заходи безпеки при роботі з хімічними реагентами у виробничому цеху паперу для гофрування передбачають комплекс технічних та організаційних рішень. Усі процеси приймання, зберігання та дозування реагентів виконуються у закритому режимі, що мінімізує контакт персоналу з небезпечними речовинами. Керування цими операціями здійснюється дистанційно з центрального пульта, що дозволяє знизити ризик аварійних ситуацій та забезпечити контроль за технологічними параметрами.

Особливу увагу приділено захисту комунікацій. Відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.80-18, трубопроводи для транспортування кислот і лугів виготовляються з хімічно стійких матеріалів, таких як пластик або фторопласт. Фланцеві з'єднання додатково закриваються спеціальними кожухами, які запобігають розбризкуванню реагентів у разі пошкодження чи розгерметизації системи.

Зберігання реагентів організоване відповідно до НПАОП 40.1-1.20-21 [18]. Ємності з хімікатами розташовуються в окремих ізольованих приміщеннях, що мають хімстійке покриття та бетонне обвалування. Така конструкція складів дозволяє локалізувати можливі витіки та запобігти поширенню небезпечних речовин за межі виробничої зони.

Для нейтралізації можливих аварійних викидів у зоні фільтрів встановлені аварійні душі та фонтанчики для промивання очей. Крім того, у цеху постійно підтримується запас нейтралізуючих розчинів — соди та борної кислоти, які застосовуються для швидкого знешкодження кислотних або лужних забруднень.

Важливим елементом системи безпеки є забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. Роботи з реагентами виконуються

					Пояснювальна записка	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виключно у спеціальному кислотолюбистійкому одязі, гумових чоботах, захисних окулярах та прогумованих рукавицях. Такий комплект ЗІЗ дозволяє мінімізувати ризик хімічних опіків та інших ушкоджень, що можуть виникнути при контакті з агресивними речовинами.

Основними джерелами шуму є насоси, вентилятори, млини та сушильні агрегати. Допустимі рівні звукового тиску регламентуються ДСН 3.3.6.037-99 [19], а вібраційні навантаження — ДСН 3.3.6.039-99 [20]. Для зниження шуму обладнання встановлюється на амортизаторах, патрубки оснащуються гнучкими вставками, а найбільш гучні агрегати розміщуються в окремих приміщеннях. Для персоналу передбачені звукоізольовані операторські кабіни та засоби індивідуального захисту органів слуху.

Недостатня освітленість може спричинити зорове перевтомлення та підвищити ризик травматизму. Розрахунок освітлення здійснюється відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 [16]. У цеху застосовується поєднання природного та штучного освітлення, реалізованого за допомогою LED-світильників. Передбачено робоче, аварійне та ремонтне освітлення. Усі світильники мають ступінь захисту IP65 (ДСТУ EN 60598-1:2017).

Небезпеку становлять відкриті обертові елементи — вали насосів, муфти, пресові вузли. Відповідно до ДСТУ EN ISO 12100:2016, усі рухомі частини обладнані захисними кожухами. Системи автоматики блокують запуск механізму при знятому кожусі. На загородження нанесено сигнальне забарвлення, а обслуговування проводиться лише після повної зупинки та знеструмлення.

Приміщення виробництва паперу для гофрування віднесено до категорії В за ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [22]. Основними причинами займання можуть бути короткі замикання, перегрів обладнання, накопичення пилу та статична електрика. Для запобігання пожежам застосовується хімвологостійка ізоляція проводки, блискавкозахист, заземлення металевих корпусів та антиелектростатичне покриття підлоги (ДСТУ EN 61340-5-1:2017). У цеху

					Пояснювальна записка	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлено внутрішній протипожежний водопровід, пожежні щити з піском, порошкові та вуглекислотні вогнегасники згідно з НАПБ А.01.001-2014 [22].

Для підтримання високого рівня безпеки проводяться первинні та повторні інструктажі, щорічні медичні огляди працівників, які працюють у шумових та пилових умовах, а також навчання з пожежної та електробезпеки. Персонал забезпечується засобами індивідуального захисту відповідно до ДСТУ EN ISO 13688:2017.

Дотримання цих правил - обов'язок кожного працівника паперового виробництва. Це забезпечує безпеку персоналу, збереження обладнання та ефективність виробничого процесу.

					<i>Пояснювальна записка</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. У дипломному проекті проаналізовано сучасне обладнання для виробництва паперу для гофрування, зокрема гідророзбивач CNBM (ZDSZ27), напірний ящик Voith MasterJet 4Тес та башмачний прес NipcoFlex Shoe Press.
2. Запропонований технологічний потік виробництва паперу марки Holmen INNR продуктивністю 45 тис. тонн на рік спрямований на потреби внутрішнього ринку. Впровадження інноваційного обладнання та оптимізація використання сировини забезпечують стабільну якість, зменшення витрат і відповідність міжнародним стандартам ISO, що підвищує конкурентоспроможність продукції та сприяє розвитку пакувальної галузі України.
3. У процесі проектування виконано розрахунок матеріального та теплового балансів, що дозволило визначити оптимальні параметри використання сировини й енергоресурсів. Це забезпечує раціональне функціонування технологічної лінії, зниження питомих витрат та підвищення ефективності виробництва. Всього на підприємстві витрачається 990,90 кг целюлози і 31 634,62 кг води. При цьому вимої волокна становлять 0,39 %.
4. Об'ємно-планувальні рішення цеху відповідають вимогам сучасного промислового будівництва: передбачено достатні висоти для монтажу габаритного обладнання, ізольовані фундаменти під машини, а також побутові приміщення для персоналу. Усі конструктивні елементи спроектовані з урахуванням норм охорони праці та техніки безпеки, що гарантує комфортні та безпечні умови роботи.
5. Було розглянути заходи з охорони праці для приміщення класу В. Особливу увагу приділено організації робочих місць, безпеці з електроприладами та дотриманню санітарно-гігієнічних норм.

					Пояснювальна записка	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 7798:2021. Папір для гофрування. Технічні умови. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 23 с.
2. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону: Навчальний посібник для вузів. – Київ: ЕКМО, 2002. – 396 с.
3. Grosize-200 for spray and sizing of paper. – Режим доступу: https://www.gromotech.in/grosize-200-for-spray-and-sizing-of-paper-paper-industry.php?utm_source
4. **BillerudKorsnäs. Northern Bleached Softwood Kraft Pulp (NBSK).** – Офіційний технічний опис продукту. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.billerud.com/products/pulp/northern-bleached-softwood-kraft-pulp> ([billerud.com](https://www.billerud.com) in Bing)
5. Low Consistency Pulper [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://paperpulpmachine.com/paper-pulper-machine/low-consistency-pulper/>
6. **Voith. MasterJet 4Tec Headbox.** – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.voith.com/corp-en/papermaking/masterjet-4tec.html>
7. **Voith. Press Concepts.** – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.voith.com/corp-en/papermaking/press-concepts.html?131795%5B%5D=0>
8. 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
9. Коптюх Л. А. Розроблення пакувального паперу підвищеної непрозорості, міцності та білості / Л. А. Коптюх, К. В. Мостика, В. А. Осика // Восточно – Европейский журнал передовых технологий. – 2017. - №5.1. – С. 89.

					<i>Пояснювальна записка</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

10. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. — К.: Мінрегіон України, 2016.
11. ДСТУ EN 60598-1:2017 Світильники. Частина 1. Загальні вимоги та випробування (EN 60598-1:2015, IDT; ISO 60598-1:2014, MOD). — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017.
12. ДСТУ EN ISO 12100:2016 Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінення ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT). — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
13. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Чинне вид. — К.: Міненерговугілля України, 2017. — 760 с.
14. ДСТУ EN 61340-5-1:2017 Електростатика. Частина 5-1. Захист електронних пристроїв від електростатичних явищ. Загальні вимоги (EN 61340-5-1:2016, IDT; IEC 61340-5-1:2016, IDT). — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017.
15. НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. — К.: Держнаглядохронпраці, 1998.
16. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. — К.: Мінрегіон України, 2018.
17. ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT). — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
18. НПАОП 40.1-1.20-21 Правила охорони праці під час експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій і теплових мереж. — К.: Міненерго України, 2021.
19. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. — К.: МОЗ України, 1999.

					Пояснювальна записка	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. — К.: МОЗ України, 1999.
21. ДСТУ EN 352-1:2018 Засоби захисту органів слуху. Загальні вимоги. Частина 1. Протишумні навушники (EN 352-1:2002, IDT). — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018.
22. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні. — К.: МВС України, 2014.

					Пояснювальна записка	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		