

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

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гомеля

«__» _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності – 161 Хімічні технології та інженерія

**на тему: Цех з виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу з
розробленням технологічного потоку**

Виконала: студентка IV курсу, групи ЛЦ-71

Борщ Карина Русланівна _____

Керівник:

професор, к.х.н. Барбаш В.А. _____

Консультант із заходів з охорони праці на виробництві

ст.викл., к.т.н., Ковтун А.І. _____

Рецензент: _____

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

Студентка _____

Київ – 2021

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП 7101. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	56	
3	A1	ДП 7101. 01.000 ТК	Технологічна схема	1	
4	A1	ДП 7101. 02.000 ТК	План цеху	1	
5	A1	ДП 7101. 03.000 ТК	Поперечний розріз	1	
6	A1	ДП 7101. 04.000 ТК	Поздовжній розріз	1	
7	A1	ДП 7101.05.000 ПЗ	Зведений матеріальний баланс	1	

				ДП 4109 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробила	Борщ К.Р.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівник	Барбаш В.А.				1	1
Заф.каф.	Гомеля М.Д.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. Е та ТРП Гр. ЛЦ-71	

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

Інститут/факультет інженерно-хімічний

(повна назва)

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший бакалаврський

Спеціальність (спеціалізація) 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.Д. Гомеля

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект (роботу) студенту**

Борщ Карина Русланівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Цех з виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу з розробленням технологічного потоку

керівник проекту Барбаш В.А., проф., к.х.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «26» квітня 2021 р. № 1071-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) електроізоляційний трансформаторний папір

4. Зміст (дипломного проекту) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Описати та обґрунтувати розробку технологічного потоку, розробити технологічну частину, розрахувати матеріальний баланс, навести теоретичні відомості, описати та розрахувати тепловий баланс, описати будівельну частину та розробити заходи щодо охорони праці на виробництві.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) технологічна схема, план цеху, поздовжній розріз, поперечний розріз, зведений матеріальний

баланс

6. Консультант розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 03 травня 2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання	3.05.2021	
2	Реконструкція технологічної схеми	03.05.2021-24.05.2021	
3	Технологічна частина	24.05.2021-29.05.2021	
4	Розрахункова частина	29.05.2021-02.06.2021	
5	Оформлення графічної частини	02.06.2021-04.06.2021	
6	Будівельна частина	04.06.2021-06.06.2021	
7	Розробка заходів із захисту довкілля	06.06.2021-07.06.2021	

Студентка

(підпис)

К.Р. Борщ

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

В.А. Барбаш

(ініціали, прізвище)

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: Цех з виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу з
розробленням технологічного потоку

АННОТАЦІЯ

Дипломний проект: 56 стор., 15 табл., 4 рис., 16 першоджерел, 1 додаток

Обґрунтовано розробку технологічного потоку цеху з виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу. Наведено стандарти на сировину (хвойну невібілену електроізоляційну целюлозу) та готову продукцію.

Розроблено та описано технологічну схему виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу, розраховано матеріальний баланс води та волокна, а також тепловий баланс контактного способу сушіння паперу.

Описано основні теоретичні відомості про розмелювання, сушіння та каландрування, а також здійснено вибір основного технологічного обладнання.

Спроековано об'ємно-планувальне рішення будівлі цеху.

Наведено заходи щодо охорони навколишнього середовища.

ЦЕЛЮЛОЗА, РОЗМЕЛЮВАННЯ, ДИСКОВИЙ МЛИН, ВИХРОВИЙ ОЧИСНИК, ПРЕСУВАННЯ, СУШІННЯ, КАЛАНДР, ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНИЙ ТРАНСФОРМАТОРНИЙ ПАПІР

					ДП 7101.00.000 ПЗ								
Зм.	Лист	№документа	Підпис	Дата									
Розробив		Борщ К.Р.			Цех з виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу з розробкою технологічного потоку				Літера		Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Барбаш В.А.										7	
Н.контроль													
Затвердив		Барбаш В.А.							НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ІХФ, ЛЦ-71				

ANNOTATION

Graduation project: 56 p., 15 tab., 4 fig., 16 primary sources, 1 application

The development of the technological flow of the shop for the production of electrical insulating transformer paper is substantiated. Standards for raw materials (coniferous unbleached electrical insulating cellulose) and finished products are given.

The technological scheme of electrical insulating transformer paper production is developed and described, the material balance of water and fiber, as well as the thermal balance of the contact method of paper drying are calculated.

The basic theoretical information on grinding, drying and calendering is described, and also the choice of the basic technological equipment is carried out.

The spatial planning solution of the shop building has been designed.

Measures for environmental protection are given.

PULP, GRINDING. DISC MILL, VORTEX CLEANER, PRESSING, DRYING, CALENDER, ELECTRIC INSULATION TRANSFORMER PAPER

					Пояснювальна записка	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОЕКТУ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ПАПЕРУ	11
2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ	12
2.1 Характеристика сировини, хімікатів і готової продукції.....	12
2.2 Технологічна схема та її опис	15
2.3 Теоретичні відомості про основні процеси виробництва	19
2.3.1 Теорія процесу розмелювання	19
2.3.2 Сушіння паперу	22
2.3.3 Каландрування паперу.....	23
3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ	25
3.1 Блок-схема балансу води і волокна	25
3.2 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу	26
3.3 Розрахунок матеріального балансу	28
3.4 Розрахунок теплового балансу	39
4 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	41
5 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ПАПЕРУ	46
6 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ.....	47
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	53
ДОДАТОК А.....	55

ВСТУП

Папір представляє собою унікальний матеріал, що присутній у всіх сферах людського життя. Навіть електронні носії інформації, що увійшли в наше життя в останні десятиліття, не можуть взяти на себе усі функції паперу. Папір – це знання, інтер'єр, гроші, пакувальний матеріал та багато іншого [1].

У структурі виробництва паперу в Україні переважає виробництво тарного картону (54,4 %), а частка газетного паперу — менше 1 %. При цьому потреби національної економіки в картонно-паперовій продукції забезпечуються лише на третину власними виробниками, а решта імпортується. У вітчизняній целюлозно-паперовій промисловості діють 42 підприємства, які виробляють папір та картон. Серед найбільших із них такі акціонерні товариства, як Київський картонно-паперовий комбінат (Обухів), Рубіжанський картонно-паперовий комбінат, Корюківська фабрика технічних паперів (Чернігівська обл.), Дніпропетровська паперова фабрика, Малинська паперова фабрика (Житомирська обл.). Більшість великих целюлозно-паперових підприємств України працюють уже понад 100 років, і лише чотири збудовані після 1960 р. Отже, технічний стан підприємств целюлозно-паперової промисловості характеризується значним зносом обладнання, що підтримується переважно за рахунок відновлювального ремонту й модернізації. [2].

Існує багато видів паперу і картону, серед яких є папір, що використовується електротехнічною галуззю. До таких видів паперу відноситься електроізоляційний папір.

Використання паперу в якості електроізоляційного матеріалу почалося на початку XX століття. Оскільки виникла потреба в електричних трансформаторах високої напруги, виникла потреба і в ізоляційному матеріалі, який би витримував високі електричні та фізичні напруги, спричинені навколо сердечника та обмоток. Пресований картон, виготовлений шляхом стиснення шарів паперу та їх сушіння, використовувалася для ізоляції в багатьох перших електричних машинах. Однак із збільшенням електричної технології зростала потреба в матеріалі з більшою щільністю, який міг би ізолювати більші та вищі трансформатори напруги.

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

Прогрес в кінці 20-х років XX століття у сфері електроізоляційних матеріалів стався завдяки компанії H. Weidmann Limited. На відміну від старих методів виробництва картону, трансформаторний картон був виготовлений не з бавовняних відходів, а з високоякісної сульфатної целюлози. Новий продукт був виготовлений виключно з целюлози без смол або зв'язуючого, що поліпшило електроізоляційні властивості [3].

В якості електроізоляційного паперу в даний час випускають різні марки кабельного паперу, призначеного для виготовлення силових кабелів на різну напругу; конденсаторний папір різних марок для силових конденсаторів; папір різної товщини для конденсаторів постійного струму, в тому числі товщиною 4 мкм для малогабаритних електричних конденсаторів; конденсаторний папір підвищеної щільності і з малими діелектричними втратами; папір для електролітичних конденсаторів; телефонний електроізоляційний папір; просочувальні, намотувальні і інші види електроізоляційного паперу, які використовуються для виготовлення різних електроізоляційних матеріалів, в тому числі гетинакса і фібри; мікалентний папір, що застосовується для пазової ізоляції електродвигунів. Для багатьох електроізоляційних видів паперу важливою характеристикою є електрична міцність [4].

До переваг такого виду ізоляції відноситься дешевизна виготовлення, високі показники міцності, можливість створення досить тонких електроізоляційних матеріалів із високими електричними характеристиками, що забезпечуються просоченням паперу нафтовими маслами та хлорованими дифенілами [5].

Зараз використовується дуже багато енергії для забезпечення теплом та електроенергією майже усіх міст світу, тому для її перетворення використовують все більш потужні трансформатори, які повинні мати більш якісну ізоляцію. Тому метою дипломного проекту є розробка технологічного потоку з виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу.

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

1 ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОЕКТУ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ПАПЕРУ

Основною метою дипломного проекту є розробка технологічного потоку для виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу. Для його виробництва в якості сировини пропонується використовувати хвойну невібілену сульфатну електроізоляційну целюлозу марки ЕКБ-2, що має достатньо високі показники міцності, які дозволять отримувати продукцію високої якості.

Для електроізоляційного трансформаторного паперу важливі високі показники розривного зусилля та відносного видовження, а також висока щільність. Тому у технологічному потоці виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу запропоновано наступні конструктивні рішення, які наведені нижче.

1. Встановити однодискові млини типу МД-1, що забезпечать низькі енергозатрати та малі експлуатаційні витрати на виробництво паперу за рахунок більш простої конструкції гарнітури та млина загалом.

2. Встановити синтетичну сітку фірми «Хайк», що збільшить термін її служби в 10 разів у порівнянні з простою металевою сіткою і полегшить умови заміни сітки через її незначну вагу. До того ж, це покращить якість паперу оскільки сітка виготовлена без швів, на папері не буде маркування.

3. Встановити в пресовій частині трьохвальний прес із подвійною зоною пресування для забезпечення ефективного зневоднення паперового полотна, зменшення розмірів пресової частини та ліквідації ділянки вільного пробігу полотна між валами пресів.

4. Після папероробної машини додатково встановити суперкаландр марки СКК–10, що забезпечить необхідну щільність готової продукції.

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

2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ

2.1 Характеристика сировини, хімікатів і готової продукції

Целюлоза хвойна сульфатна невибілена електроізоляційна [6] використовується для виготовлення електроізоляційного паперу. Для виробництва електроізоляційного паперу обрано марку целюлози ЕКБ-2, характеристики якої наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики целюлози хвойної невибіленої електроізоляційної

Показник	Норми для марки				Методи випробувань
	ЕКБ-1		ЕКБ-2	ЕКБ-3	
	Вищий сорт	Перший сорт			
1. Ступінь делігніфікації	23–29 23–27*	23–29 23–27*	27–33	30–36	За ГОСТ 10070-74
2. Динамічна в’язкість мідноаміачного розчину з концентрацією целюлози 8 г/дм ³ , мПа·с, не менше	55	50	60	60	За ГОСТ 12395-76
3. Механічна міцність при розмелюванні в ЦРА до 60 ⁰ ШР, розривна довжина, м, не менше	9300	9000	9500	9300	За ГОСТ 13525 1-79
4. Масова частка золи, %, не більше	0,50	0,50	0,50	0,50	За ГОСТ 18461-73
5. рН водної витяжки, не більше	8,0	8,0	8,0	8,0	За ГОСТ 12523-77
6. Питома електрична провідність витяжки, мкСм/см, не більше:					За ГОСТ 8552-72
при модулі 1:50	20	22	20	20	
- - - 1:20	40	44	40	40	
7. Вологість, %	18±5	18±5	18±5	18±5	За ГОСТ

Продовження табл.2.1

8. Засміченість, що відповідає умовній масі 500 г в абс. сух. стані 1 м ² , шт.:					За ГОСТ
площею 0,1-1,5 мм ²	2000	2000	2000	2000	
площею >1,5 мм ²	0	0	0	0	

Папір електроізоляційний [7] виготовляється марки ТВУ-085. Характеристики електроізоляційного паперу наведені в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики паперу електроізоляційного

Показник	Норми для марки				Методи випробувань
	ТВ-120	ТВУ-085	ТН-120	ТНУ-085	
1. Склад по волокну, %, целюлоза хвойна електроізоляційна	100	100	100	100	
2. Товщина, мкм	120±7	85±5	120±7	85±5	
3. Щільність, г/см ³	0,80±0,05	1,05±0,05	0,80±0,05	1,05±0,05	
4. Руйнівне зусилля, Н (кгс), не менше:					
у машинному напрямку	140(14,0)	125(12,5)	140(14,0)	120(12,0)	
у поперечному напрямку	65(6,50)	53(5,3)	65(6,50)	53(5,3)	
5. Відносне видовження, %, не менше:					
у машинному напрямку	2,0	2,0	2,0	2,0	
у поперечному напрямку	5,5	5,0	5,0	5,0	
6. Масова частка заліза, %, не більше	0,0040	0,0040	—	—	

Продовження табл.2.2

7. Масова частка азоту, %, не менше	—	—	0,7	0,7	
8. рН водної витяжки	6,0–7,5	6,0–7,5	7,0–9,0	7,0–9,0	
9. Питома електрична провідність витяжки, мкСм/см, не більше: при модулі 1:50 - - - 1:20	20 40	20 40	— —	— —	
10. Тангенс кута діелектричних втрат при 100°C, не більше	0,0025	—	—	—	
11. Електрична міцність сухого паперу, кВ/мм, не менше	7,5	9,0	7,5	9,0	
12. Масова частка золи, %, не більше	0,40	0,45	0,90	0,90	
13. Вологість, % , не більше	8,0	8,0	8,0	8,0	

2.2 Технологічна схема та її опис

Технологічну схему виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу із хвойної електроізоляційної целюлози наведено на рисунку 2.1.

Зі складу хвойна електроізоляційна целюлоза подається у гідророзбивач (1), де відбувається її розволокнення за концентрації 3,5%. Завантаження гідророзбивача здійснюється періодично, для розпускання целюлози використовується деіонізована вода. Об'єм маси в гідророзбивачі має бути постійним для того, щоб концентрація не змінювалась. Із гідророзбивача насосом маса подається у приймальний басейн (2), де акумулюється перед подальшим розмелюванням. Також перед розмелюванням встановлено очисник маси (3). Розмелювання відбувається на однодискових млинах (4) за концентрації 3,5% до ступеня млива $60 \pm 2^\circ \text{ШР}$. Оскільки початковий ступінь млива целюлози становить $12 \pm 2^\circ \text{ШР}$, то розмелювання необхідно проводити на 5 дискових млинах за приросту ступеня млива на одному млині $8 \pm 2^\circ \text{ШР}$. Для зменшення впливу млинів на масу після третього млина встановлюється проміжний басейн (5). Розмелена маса акумулюється в басейні розмеленої целюлози (6), звідки за допомогою відцентрового насоса поступає в композиційний басейн (7). В цей же басейн також подається оборотний брак. Після композиційного басейну маса насосом поступає в бак постійного рівня (8). Для кращого формування паперового полотна, у змішувальному насосі (9) маса розбавляється оборотною водою. Із змішувального насоса (9) маса подається на перший ступінь очищення у вихрові конічні очисники (10) під тиском 300 кПа. Відходи від першого ступеня збираються в закритому жолобі, розбавляються обіговою водою та поступають на другий ступінь очищення. Очищена маса із другого ступеня подається на повторне очищення на перший ступінь. Відходи другого ступеня збираються в жолобі, та поступають на третій ступінь очищення. Відходи третього ступеня надходять у відвал, а очищена маса – на повторне очищення на другий ступінь. Далі маса надходить на вузловловлювач (11), який очищує масу від частинок, що схожі за масою за волокон целюлози. Відходи, що не пройшли через сито, поступають на плоску вібраційну сортувалку (12).

Очищена та відсортована маса подається в напірний ящик закр. типу (13), а

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

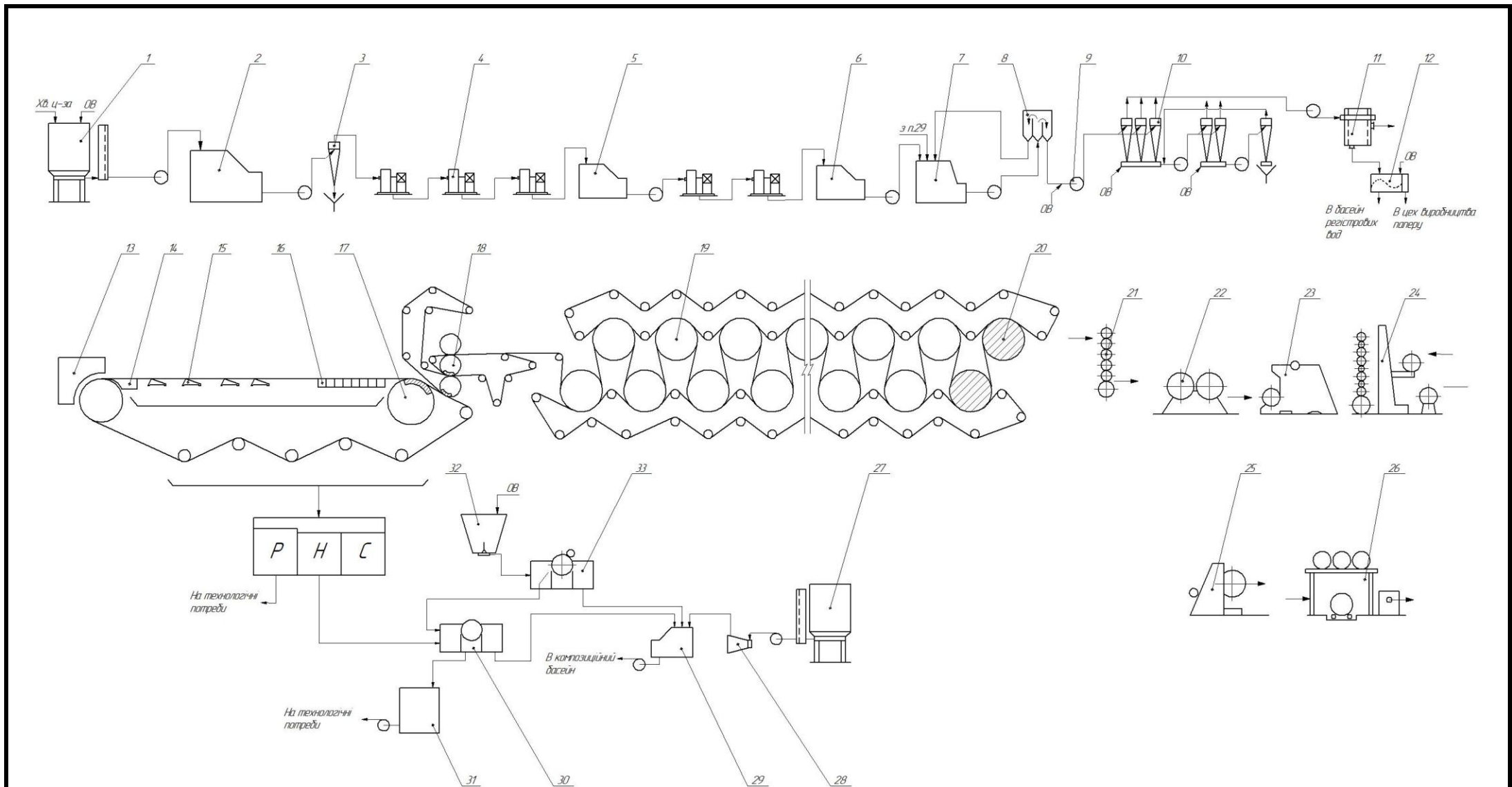


Рис. 2.1 – Технологічна схема виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Пояснювальна записка

Арк.

16

потім на сітку ПРМ. Для рівномірного розподілу маси на початку сіткового столу після грудного валу встановлюється формувальна дошка (14), система гідропланок (15). Останніми елементами сіткового столу є відсмоктувальні ящики (16) та гауч-вал (17). Після гауч-вала полотно має сухість 18%.

Після сіткової частини полотно поступає в пресову частину (18), що представлена здвоєним пресом для забезпечення ефективного зневоднення зі зменшенням розмірів пресової частини. Сушильна частина (19) представлена сушильними циліндрами, розташованими в 2 яруси із контактним способом сушіння. Після сушіння паперове полотно має температуру близько 70 - 90°C, тому після гарячих циліндрів полотно охолоджується на холодильних циліндрах (20) до 30 - 50°C для надання йому пластичності та необхідної вологості, а також передбачення виникненню електростатичного заряду при подальшому каландруванні.

Далі паперове полотно поступає спочатку на машинний каландр (21), після чого проводиться машинна обробка, яка відбувається на накаті (22) та суперкаландрі (24) для отримання кінцевої гладкості, тиснення та ущільнення, на поздовжньо-різальному верстаті (25), і на пакувальному станку (26), а далі надходить на склад готової продукції.

Перед суперкаландром встановлюється зволожувальний верстат УС-1000А (23), який необхідний для роботи суперкаландра. Зволожувальний верстат УС-1000А забезпечить двохстороннє зволоження. Два зволожувальних вала розташовані один над одним, під нижнім знаходиться ванна для стікання води. Вали зрошуються водою за допомогою двох спорсків. Ступінь зволоження паперу регулюється подачею спорскової води і тиску між валами.

Переробка обігового браку

З метою розпуску сухого машинного браку, який утворився у процесі сушіння і обробки паперу, передбачено встановлення гідророзбивача сухого браку (27). Розпуск відбувається при використанні обігової води, що надходить з басейну реєстрових вод. Розволокнена маса надходить на пульсаційний млин (28) для дороспуску, а потім в басейн браку (29), в який також надходить згущений мокрий брак і скоп з дискового фільтру (30). З басейну браку через дозатор маса в

					Пояснювальна записка	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількості не більше 5–6% надходить в композиційний басейн.

Використання обігової води

Регістрові води, які багаті волокном (з концентрацією 0,17 %) призначені для використання з метою розбавлення маси в гідророзбивачі целюлози і сухого браку, в змішувальних насосах №1 і №2, а вода з більш низьким вмістом волокна (з концентрацією 0,1 %) має використовуватися в жолобах батареї центриклинерів. Вода з басейну надлишкової води подається на прояснення, після чого її можна, за умови додаткового прояснення, використовувати замість свіжої води.

					Пояснювальна записка	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Теоретичні відомості про основні процеси виробництва

2.3.1 Теорія процесу розмелювання

Розмелювання є одним з найважливіших технологічних процесів, який зумовлює основні властивості готової продукції. Основна мета розмелювання – механічна обробка волокон за присутності води для підготовки до відливання. У процесі розмелювання з волокном відбувається наступне:

- волокна укорочуються внаслідок попадання між ножами ротора і статора;
- волокна розщеплюються в поздовжньому напрямку, тобто йде процес фібрилювання;
- волокна набухають у водному середовищі, зв'язок між фібрилами послаблюється, волокна легше розщеплюються, тобто відбувається розщеплення волокна.

Автором сучасної теорії процесу розмелювання є проф. Я.Г. Хінчін (1941 р.), який висловив припущення про звільнення гідроксильних груп молекули целюлози та їх участь в утворенні водневого зв'язку в готовому папері, тому сучасна теорія є теорією водневого зв'язку.

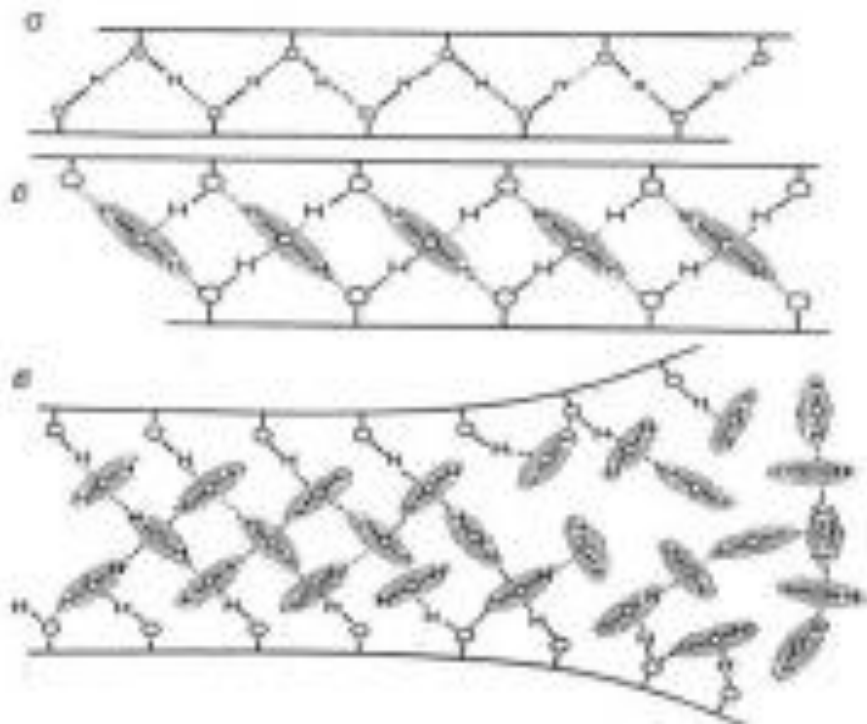


Рис. 2.2 – Схема водневих зв'язків між сухими волокнами (а), волокнами у вологому стані (б) та у суспензії (в)

Сучасна теорія дозволяє правильно пояснити багато властивостей паперу, а також деякі явища пов'язані з процесом їх виготовлення. При потраплянні води на папір водневі зв'язки руйнуються і міцність паперу зменшується. Зменшення міцності паперу при введенні в його композицію мінеральних наповнювачів та інших інертних речовин пояснюється тим, що вони, розміщуючись між волокнами, перешкоджають утворенню міжволоконного водневого зв'язку. Проте їх міцність може бути збільшена за рахунок тих добавок, які здатні утворювати водневий зв'язок з гідроксильними групами целюлози.

Фактори, що впливають на процес розмелювання:

1. Вплив температури волокнистої маси

Підвищення температури маси негативно впливає на тривалість розмелювання і фізико-механічні властивості паперу. Вплив температури на розмелювання пояснюється тим, що однією з найважливіших умов, для хорошої фібриляції волокна, є їх набухання. Цей процес екзотермічний, а значить, для поліпшення фібрилювання із системи необхідно відводити тепло [8].

2. Концентрація маси

Зменшення концентрації маси при розмелюванні призводить до зменшення товщини волокнистого прошарку між ножами ротора і статора. Тому волокна піддаються в основному різальній дії ножів, при цьому вони укорочуються і менше фібрилюються [8].

3. Гідрофільні добавки

При додаванні їх в масу перед розмелюванням, вони всмоктуються на волокні і тим самим сприяють кращому набухання волокна і при розмелюванні волокон набувають гнучкості і еластичності. До таких добавок відносяться: крохмаль, поліакриламід, полівініловий спирт, сечовина, КМЦ. При використанні цих добавок можна знизити витрату електроенергії на розмелювання [9].

4. Вплив гарнітури

Характеризується гарнітура, за так званою розмелювальною здатністю, тобто по відношенню поверхні площі ножів до загальної площі гарнітури. Якщо це співвідношення становить 65–70%, то розмелювання йде в напрямку фібрилювання. При 55% співвідношенні відбувається фібрилювання і укорочення,

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

при 30% співвідношенні, тільки вкорочення. Науково-дослідними роботами встановлено найбільш оптимальні розміри ножів гарнітур для отримання маси жирного помолу, гарнітура повинна мати ножі з наступною характеристикою: товщина - 4,8 мм, ширина канавки - 3,2 мм, висота - 4,8 мм. Для отримання маси садкого помолу: товщина ножів - 3,2 мм, ширина канавки - 6,4 мм, висота ножа - 4,8 мм. Для отримання масових видів паперу ножі мають розміри: висота - 4,8 мм, товщина - 4,8 мм, ширина канавки - 4,8 мм [9].

5. Вплив рН середовища

Найбільший ступінь набухання волокна спостерігається при $\text{pH} = 9 \div 11$. При подальшому підвищенні рН спостерігається пожовтіння целюлози за рахунок лужної деструкції [8].

6. Вплив міжножового зазору

Одним з найважливіших факторів розмелювання є зазор між ножами ротора і статора. При розмелюванні маси при низьких концентраціях (3,5 - 5%) міжножовий зазор складає: 0,6-0,8 мм (фібрилювання); 0,3-5 мм - звичайне розмелювання (фібрилювання + вкорочення); 0,1-0,2 мм-вкорочення волокна [8].

7. Вплив окружної швидкості ротора

З підвищенням окружної швидкості ротора зростає гнучкість і пластичність волокон, збільшується питома поверхня волокна. Все це сприятливо позначається на паперотворчих властивостях та якісних показниках паперу [8]. При окружній швидкості 30 м/с концентрація становить 5%, при 50 м/с – 7%. Оптимальною вважається швидкість дискових млинів 25–100 м/с. Для конічних млинів до 22 м/с.

8. Вплив природи волокна Різні волокна мають різну морфологічну структуру, з цієї причини порізно розмелюються. Хвойні волокна довгі і мають стрічкову структуру, а листяні – короткі і трубчасті. Стрічкові волокна краще нависають на крайках ножів при розмелюванні, тому швидше набухають і краще фібрилюються. В даний час в композиції паперу, як правило, використовується листяна і хвойна целюлоза в різному співвідношенні. Сучасні технологічні схеми передбачають роздільну схему підготовки листяних і хвойних напівфабрикатів. Також необхідно пам'ятати, що сульфатна целюлоза розмелюється довше, ніж сульфітна [8].

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

2.3.2 Сушіння паперу

У процесі сушіння відбувається не тільки остаточне зневоднення паперового полотна шляхом випаровування з нього води, але й інші процеси, які визначають якість готової продукції, що багато в чому залежить від режиму сушіння.

В міру видалення води з вологого полотна відбувається подальше зближення волокон внаслідок поверхневого натягу води з утворенням міжволоконних водневих зв'язків, від кількості яких залежить щільність і міцність полотна. З усіх відомих методів сушіння паперу найпоширенішим є контактний спосіб, при якому тепло передається вологому полотну безпосередньо від поверхні сушильних циліндрів, що нагріваються зсередини парою. Контактне сушіння відбувається в декілька етапів: період нагрівання, період з постійною швидкістю і період, що проходить зі зниженням швидкості сушіння (рис. 2.3).

Загальний коефіцієнт теплопередачі від пари до полотна має суттєвий вплив на процес сушіння паперу чи картону. У рівняння, що характеризує загальну кількість тепла, яке може бути передане від пари до полотна, входить коефіцієнт K [10], який дорівнює:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

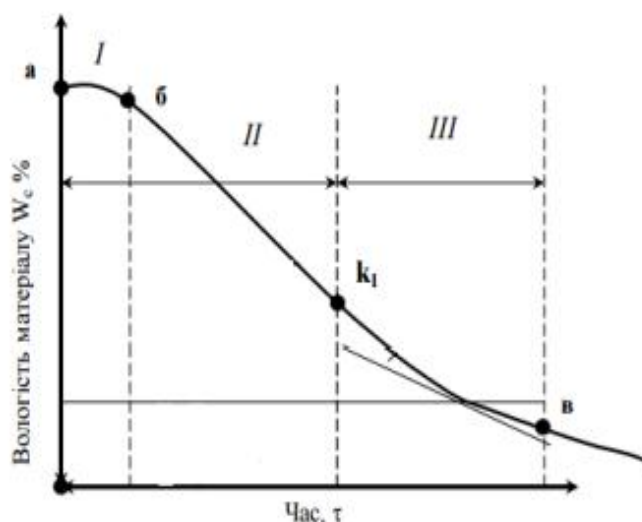


Рисунок 2.3 – Крива сушіння: I – період нагрівання; II – сушіння з постійною швидкістю; III – сушіння зі зменшеною швидкістю.

де α_1 – коефіцієнт теплопередачі при концентрації пари на внутрішній поверхні циліндра;

α_2 – коефіцієнт теплопередачі на зовнішній поверхні циліндра;

λ – коефіцієнт теплопередачі стінки циліндра;

δ – товщина стінки циліндра, м.

Загальний коефіцієнт теплопередачі залежить в основному від коефіцієнтів α_1 і α_2 .

Фізико-хімічні властивості полотна значно впливають на процес його сушіння на машині, особливо в період видалення зв'язаної вологи.

З усіх властивостей полотна найбільший вплив мають такі його показники, як товщина і маса 1 м^2 , вид волокна і ступінь його млива, наявність наповнювачів та інших домішок. З підвищенням товщини полотна погіршуються умови теплопередачі, крім того зростає опір проходженню пари з контактного шару до зовнішньої поверхні. Природно, що чим щільніше буде полотно, тим важче з нього буде видалятися волога під час сушіння.

Папір та картон, які виробляються з деревної маси і макулатури, висушуються на машині значно легше, ніж зі звичайних целюлозних волокон за однакового ступеня млива. Це пояснюється тим, що з підвищенням ступеня млива волокна з деревної маси і макулатури гірше набухають, менш гнучкі, при формуванні з них полотна утворюється пориста структура, яка полегшує видалення вологи з неї.

2.3.3 Каландрування паперу

Сутність процесу каландрування полягає в тому, що полотно піддається поступово зростаючому механічному тиску каландрових валів. У результаті підвищеного тиску гладких валів і при цьому часткового прослизання їх, відбувається зменшення і вирівнювання товщини полотна по всій його ширині, а також підвищення його гладкості, лиску і щільності.

У процесі каландрування за рахунок тиску і тертя валів з полотном відбувається його нагрівання, у результаті чого волокна стають еластичнішими і тому продовжується їхнє подальше зближення з утворенням додаткових міжволоконних зв'язків [10].

У випадку каландрування пересушеного полотна або з нерівномірною його

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

вологістю може спостерігатися перерозподіл міжволоконних зв'язків у полотні або їх розрив. Тому в залежності від умов каландрування і композиції полотна міцність його на розрив може підвищуватися або зменшуватися.

На процес каландрування паперу впливають багато чинників: вологість полотна і його температура, композиція паперової маси і ступінь її млива, тиск між валами, стан їхньої поверхні, кількість захоплень у каландрі, діаметр валів і їхня твердість, швидкість машини тощо.

З підвищенням вологості полотна воно стає більш м'яким, еластичним, краще ущільнюється і згладжується при каландруванні. Однак при надмірному підвищенні вологості полотна пучки волокон роздавлюються і набувають виду пергаментованих плям, що підвищує видиму засміченість і погіршує його якість. Пересушене полотно - навпаки, стає жорстким, ламким, воно погано каландрується і часто при цьому обривається [10].

Папір, що містять у своїй композиції еластичне і гнучке волокно, краще каландрується, ніж отриманий з жорстких і грубих волокон. З підвищенням ступеня млива маси поліпшується структура полотна, його поверхня стає гладшою, і тому в процесі наступного каландрування воно відносно менше ущільнюється, ніж отримане з менш розмелених волокон [10].

Зі збільшенням числа захватів полотна в каландрі та зі збільшенням лінійного тиску між валами процес каландрування поліпшується.

З підвищенням температури полотна, що каландрується, збільшуються пластичність волокон і швидкість перерозподілу міжволоконних зв'язків, тому в даний час часто практикується підігрів валів до температури 180 - 200 °С, що дозволяє зменшити кількість валів і знизити тиск між ними.

					Пояснювальна записка	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ

3.1 Блок-схема балансу води і волокна

Блок-схема балансу води та волокна представлено на рис. 3.1.

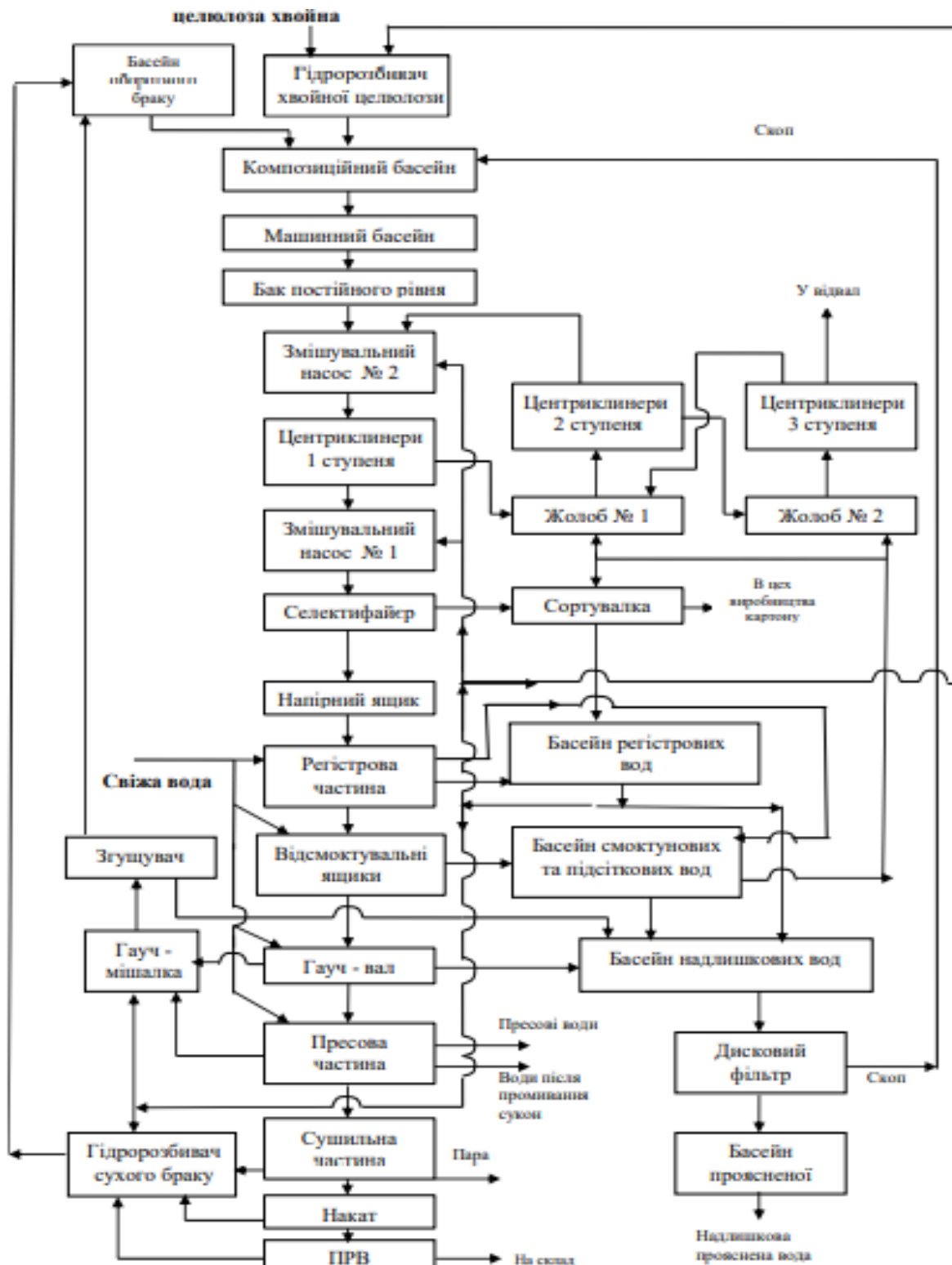


Рис. 3.1 – Блок-схема балансу води та волокна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Пояснювальна записка

Арк.

25

3.2 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

В таблиці 3.1 наведено вихідні дані для розрахунку матеріального балансу води та волокна [11] для виробництва електроізоляційного паперу.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані матеріального балансу

Найменування статей	Вихідні дані	
	[12]	Взято для розрахунку
1. Концентрація маси на різних стадіях виробництва, %		
На накаті	96,00	96,00
Після пресів	42,00	44,00
Після гауч-вала	19,50	18,00
Після відсмоктувальних ящиків	12,00	12,00
В напірному ящику	0,60	0,50
В баку постійного рівня	3,50	3,50
В композиційному басейні	3,50	3,50
В машинному басейні	3,50	3,50
В басейні оборотного браку	3,50	3,50
Скоп після дискового фільтра	3,50	3,50
Згущувач мокрого браку	3,50	3,50
Гідророзбивач сухого браку	3,50	3,50
Гідророзбивач хвойної целюлози	3,50	3,50
Змішувач мокрого браку	0,80	0,80
Басейн оборотного браку	3,50	3,50
Після селективфайера	0,60	0,50
Після змішувального насоса №1	0,5100	0,5030
Після змішувального насоса №2	0,7415	0,7304
Після 1-го ступеня центриклінерів	0,67	0,7100
Після 2-го ступеня центриклінерів	0,4	0,4100
2. Концентрація відхідних вод, %		
Регістрова вода	0,1800	0,1700
Підсіткові води	0,0030	0,0040
Від відсмоктуючи ящиків	0,1000	0,1000
Пресові води	0,1000	0,1000

Продовження табл.3.1

Від промивання сітки	0,0040	0,0030
Від промивання сукон	0,0010	0,0010
Освітлених вод з дискового фільтра	0,0010	0,0010
В басейні надлишкових вод	0,2200	0,2000
Від плоскої сортувалки	0,62	0,60
Від згущувача мокрого браку	0,05	0,04
3. Витрата свіжої та надлишкової води, л/т паперу		
Свіжа вода на промивання сіток	15000	16000
Надлишкова вода на сортувалку	500	850
Свіжа вода на спорски та відсічки	8500	8000
Свіжа вода на промивання сукон	7000	5000
Свіжа вода на відсічки в гаучі	3000	3500
4. Кількість браку, % від маси паперу		
При обробці паперу	1,5	1,00
На накаті	2,0	1,00
При сушінні паперу	2,0	2,00
Мокрий брак	2,0	2,00
Після гауч-вала	1,5	1,50
5. Композиція паперу, %		
Целюлоза хвойна невибілена електроізоляційна	100	100
6. Концентрація відходів сортування, %		
Відходи вузловловлювача	1,0	1,00
Центриклинери 1-го ступеня	1,1	1,10
Центриклинери 2-го ступеня	0,72	0,70
Центриклинери 3-го ступеня	0,65	0,60
Відходи плоскої сортувалки	1,0	1,00
7. Сухість вихідних напівфабрикатів, %		
Целюлоза хвойна невибілена електроізоляційна	88,0	88,00
8. Кількість відходів сортування, % (кг/т)		
Центриклинери 1-го ступеня	4,5	5,00
Селектифайер	1,0	0,99
Центриклинери 3-го ступеня	1,0	1,10

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Пояснювальна записка

Арк.

27

3.3 Розрахунок матеріального балансу

Розрахунок матеріального балансу води та волокна проводиться згідно з блок-схемою, наведеною на рисунку 3.1.

Склад готової продукції

На склад поступає 1000 кг паперу із заданою сухістю 96 %.

Отже, в ньому міститься: абсолютно-сухого волокна $1000 \cdot 0,96 = 960$ кг,
води $1000 - 960 = 40$ кг.

Повздовжньо-різальний верстат (ПРВ)

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

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

Сушильна частина



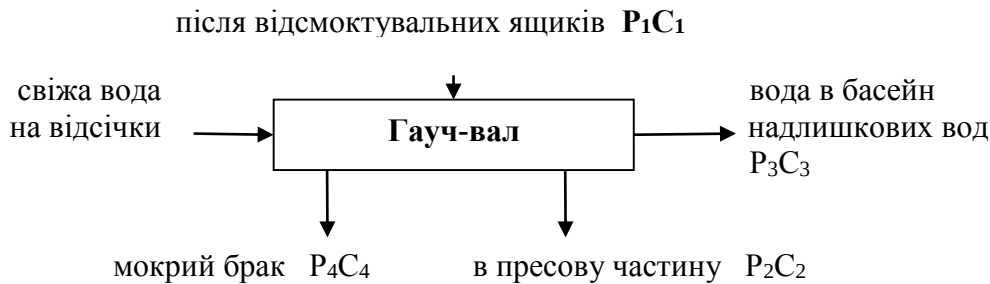
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після пресів	2269,09	44,00	998,40	1270,69
Надійшло(всього)	2269,09		998,40	1270,69
На накат	1020,00	96,00	979,20	40,80
Втрати пару	1229,09	0,00	0,00	1229,09
В г/розб.сух.браку	20,00	96,00	19,20	0,80
Пішло (всього)	2269,09		998,40	1270,69

Пресова частина



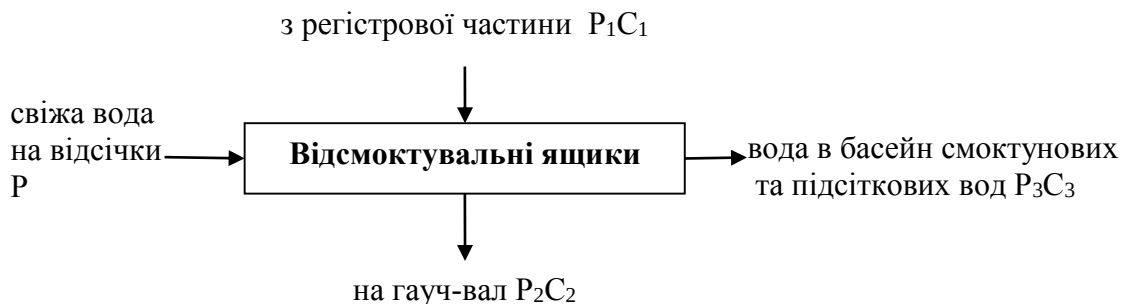
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після гауч-вала	5614,31	18,00	1010,58	4603,73
Св.вода на пр.сукон	5000,00	0,00	0,00	5000,00
Надійшло(всього)	10614,31		1010,58	9603,73
На сушіння	2269,09	44,00	998,40	1270,69
Пресові води	3325,22	0,1000	3,33	3321,89
Води в/пром.сукон	5000,00	0,0010	0,05	4999,95
В г/зміш.мокр.браку	20,00	44,00	8,80	11,20
Пішло (всього)	10614,31		1010,58	9603,73

Гауч-вал



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після відсм.ящиків	8446,07	12,00	1013,53	7432,54
Св.вода на відсічки	3500,00	0,00	0,00	3500,00
Надійшло(всього)	11946,07		1013,53	10932,54
На пресову.частину	5614,31	18,00	1010,58	4603,73
Води від гауч-вала	6316,76	0,0040	0,25	6316,51
В г/зміш.мокр.браку	15,00	18,00	2,70	12,30
Пішло (всього)	11946,07		1013,53	10932,54

Відсмоктувальні ящики



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

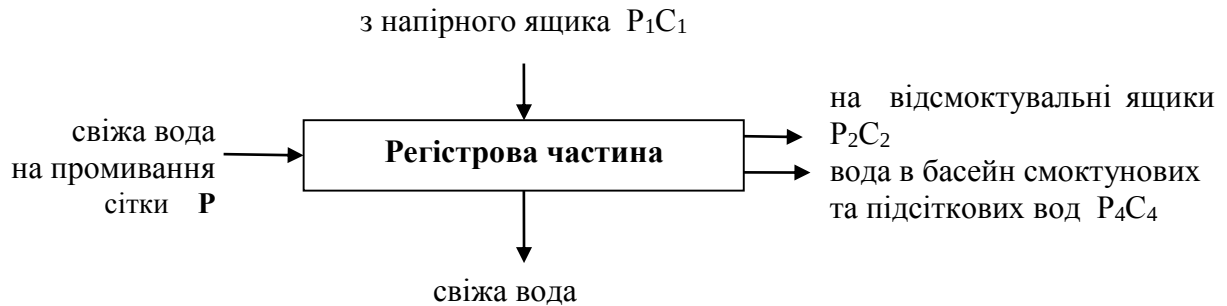
Пояснювальна записка

Арк.

29

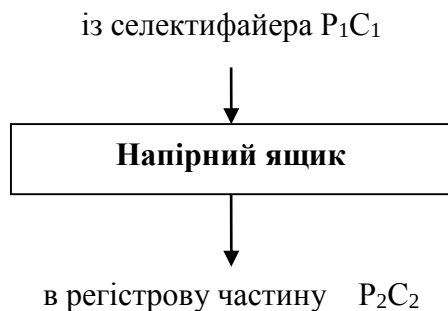
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після реєстр.частини	15829,40	6,50	1028,91	14800,49
Св.вода на відсічки	8000,00	0,00	0,00	8000,00
Надійшло(всього)	23829,40		1028,91	22800,49
На гауч-вал	8446,07	12,00	1013,53	7432,54
Води в бас.відсм.води	15383,34	0,1000	15,38	15367,95
Пішло (всього)	23829,40		1028,91	22800,49

Регістрова частина



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після н.ящика	303782,19	0,50	1518,91	302263,28
Свіжа вода на пром.сітки	16000,00	0,000	0,00	16000,00
Надійшло(всього)	319782,19		1518,91	318263,28
На відсм.ящики	15829,40	6,50	1028,91	14800,49
Регістрові води	287952,79	0,1700	489,52	287463,27
Підсіткові води	16000,00	0,0030	0,48	15999,52
Пішло (всього)	319782,19		1518,91	318263,28

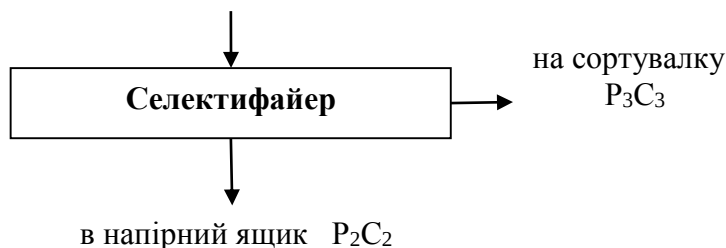
Напірний ящик



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після вузлоуловлюв.	303782,19	0,5000	1518,91	302263,28
Надійшло(всього)	303782,19		1518,91	302263,28
На рег.частину	303782,19	0,5000	1518,91	302263,28
Пішло (всього)	303782,19		1518,91	302263,28

Селектифайер

зі змішувального насоса №1 P_1C_1

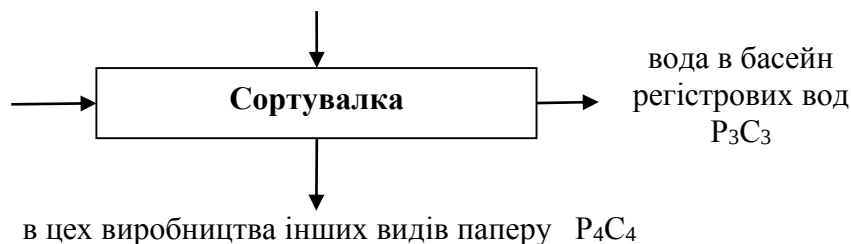


Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.нас.№1	306789,64	0,5049	1548,99	305240,65
Надійшло(всього)	306789,64		1548,99	305240,65
На н/ящик	303782,19	0,5000	1518,92	302263,28
На плоску сортувал.	3007,44	1,0000	30,07	2977,37
Пішло (всього)	306789,64		1548,99	305240,65

Сортувалка

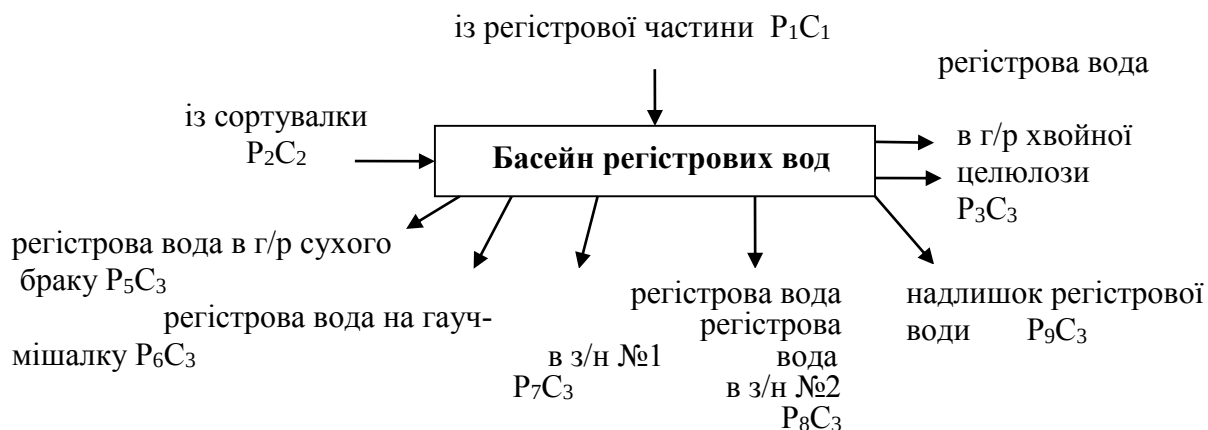
із селектифайєра P_1C_1

вода з басейна
смоктунових та
підсіткових вод
 P_2C_2



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З бас.надлишк.вод	850,00	0,0564	0,48	849,52
Після селектифайєра	3007,44	1,0000	30,07	2977,37
Надійшло(всього)	3857,44		30,55	3826,89
В бас.регістр.вод	2013,21	0,6000	12,08	2001,13
В цех виробн. ін. в. пап.	1844,23	1,000	18,44	1825,79
Пішло (всього)	3857,44		30,55	3826,89

Басейн регістрових вод



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Пояснювальна записка

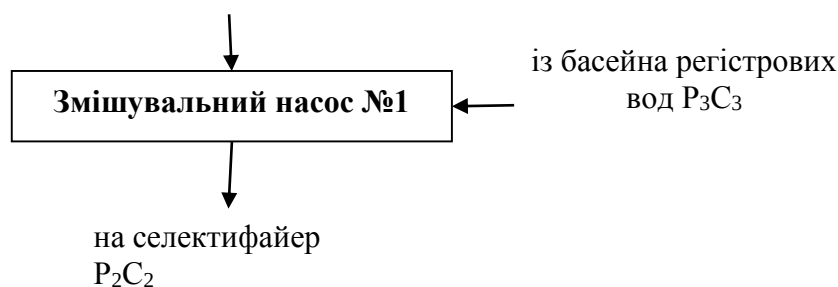
Арк.

31

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З реєстрової частини	287952,79	0,1700	489,52	287463,27
Від плоск.сортув.	2013,21	0,6000	12,08	2001,13
Надійшло(всього)	289966,00		501,60	289464,40
На зм.насос №1	117170,20	0,1730	202,69	116967,51
На зм.насос №2	138289,05	0,1730	239,22	138049,83
На г/розб.хвойн.цел.	28368,82	0,1730	49,07	28319,74
На г/розб.сухого браку	1112,11	0,1730	1,92	1110,18
На зміш.мокр.браку	1789,43	0,1730	3,10	1786,34
В басейн надл.вод	3236,39	0,1730	5,60	3230,79
Пішло (всього)	289966,00		501,60	289464,40

Змішувальний насос №1

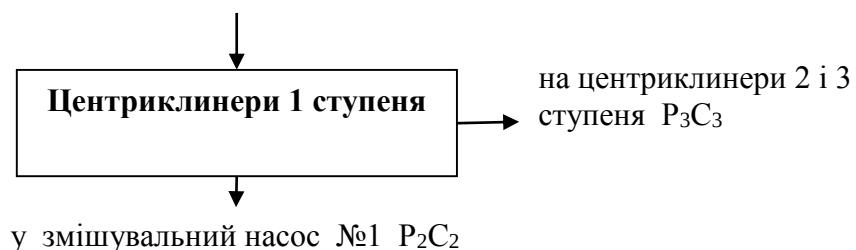
від центриклинерів 1 ступеня P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	117170,20	0,1730	202,69	116967,51
Після центрикл. Іст.	189619,44	0,7100	1346,30	188273,14
Надійшло(всього)	306789,64		1548,99	305240,65
На селективфайер	306789,64	0,5049	1548,99	305240,65
Пішло (всього)	306789,64		1548,99	305240,65

Центриклинери 1 ступеня

зі змішувального насоса №2 P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.насоса №2	200085,44	0,7304	1461,42	198624,02
Надійшло(всього)	200085,44		1461,42	198624,02
На змішув.насос №1	189619,44	0,7100	1346,30	188273,14
На центрикл. II і III ст.	10466,01	1,1000	115,13	10350,88
Пішло (всього)	200085,44		1461,42	198624,02

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Пояснювальна записка

Арк.

32

Центриклинери 2 і 3 ступеня



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після центрикл. І ст.	10466,01	1,1000	115,13	10350,88
Надлиш.вода в жолоб І і ІІ	20126,37	0,0526	10,59	20115,78
Надійшло(всього)	30592,38		125,71	30466,66
В змішув.насос №2	30442,38	0,4100	124,81	30317,56
Відходи у відвал	150,00	0,6000	0,90	149,10
Пішло (всього)	30592,38	1,1000	125,71	30466,66

Змішувальний насос №2



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	138289,05	0,1730	239,22	138049,83
Від центриклин. ІІ ст.	30442,38	0,4100	124,81	30317,56
З БПР	31354,01	3,5000	1097,39	30256,62
Надійшло(всього)	200085,44		1461,42	198624,02
На центрикл. І ст.	200085,44	0,7304	1461,42	198624,02
Пішло (всього)	200085,44		1461,42	198624,02

Бак постійного рівня

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після машин.басейна	31354,01	3,5000	1097,39	30256,62
Надійшло(всього)	31354,01		1097,39	30256,62
На зміш.насос №2	31354,01	3,5000	1097,39	30256,62
Пішло (всього)	31354,01		1097,39	30256,62

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Пояснювальна записка

Арк.

33

Машинний басейн

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після композ.басейна	31354,01	3,5000	1097,39	30256,62
Надійшло(всього)	31354,01		1097,39	30256,62
На БПР	31354,01	3,5000	1097,39	30256,62
Пішло (всього)	31354,01		1097,39	30256,62

Композиційний басейн



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/розбив.хв.цел-зи	29485,78	3,5000	1032,00	28453,78
Із басейна обіг.браку	1552,85	3,5000	54,35	1498,50
Скоп з диск.фільтра	315,38	3,5000	11,04	304,34
Надійшло(всього)	31354,01		1097,39	30256,62
В машинний басейн	31354,01	3,5000	1097,39	30256,62
Пішло (всього)	31354,01		1097,39	30256,62

Гідророзбивач целюлози

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Хв.цел-за зі складу	1116,96	88,00	982,93	134,04
Вода з бас.рег.вод	28368,82	0,1730	49,07	28319,74
Надійшло(всього)	29485,78		1032,00	28453,78
В композиційний бас.	29485,78	3,50	1032,00	28453,78
Пішло (всього)	29485,78		1032,00	28453,78

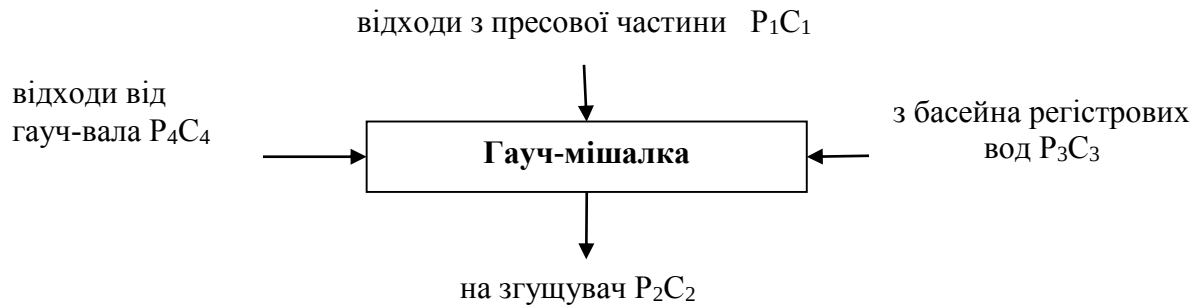
Переробка сухого та мокрого браку

Гідророзбивач сухого браку



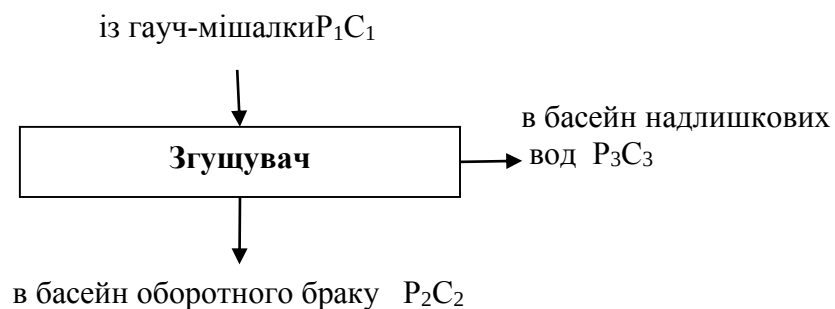
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
3 ПРС	10,00	96,00	9,60	0,40
3 накату	10,00	96,00	9,60	0,40
3 сушіння	20,00	96,00	19,20	0,80
3 бас-ну рег.вод	1112,11	0,1730	1,92	1110,18
Надійшло(всього)	1152,11		40,32	1111,78
В басейн обор.браку	1152,11	3,5000	40,32	1111,78
Пішло (всього)	1152,11		40,32	1111,78

Гауч-мішалка



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
3 пресової частини	20,00	44,00	8,80	11,20
3 гауч-вала	15,00	18,00	2,70	12,30
3 бас-ну рег.вод	1789,43	0,1730	3,10	1786,34
Надійшло(всього)	1824,43		14,60	1809,84
На згущ.мокрого браку	1824,43	0,8000	14,60	1809,84
Пішло (всього)	1824,43		14,60	1809,84

Згущувач



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.мокр.браку	1824,43	0,8000	14,60	1809,84
Надійшло(всього)	1824,43		14,60	1809,84
В басейн обор.браку	400,74	3,5000	14,03	386,72
В басейн надл.вод	1423,69	0,0400	0,57	1423,12
Пішло (всього)	1824,43		14,60	1809,84

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Пояснювальна записка

Арк.

35

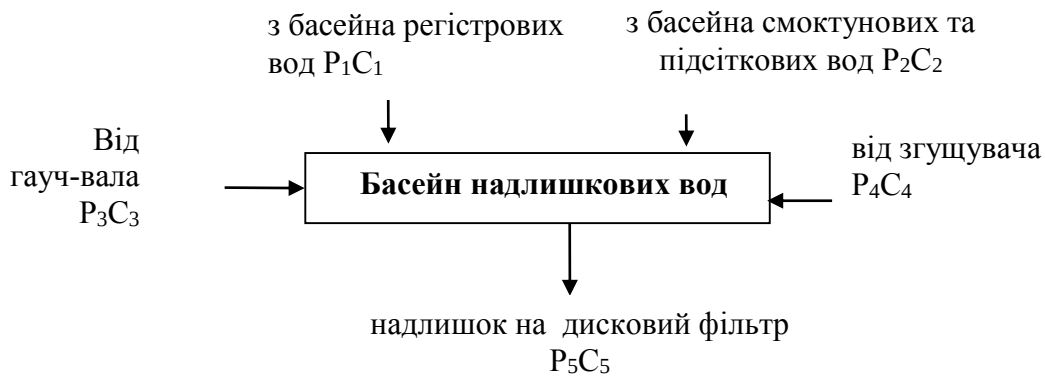
Басейн оборотного браку

із гідророзбивача сухого браку P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З г/розбив.сух.браку	1152,11	3,50	40,32	1111,78
Зі зміш.мокрого браку	400,74	3,50	14,03	386,72
Надійшло(всього)	1552,85		54,35	1498,50
В композиц.басейн	1552,85	3,50	54,35	1498,50
Пішло (всього)	1552,85		54,35	1498,50

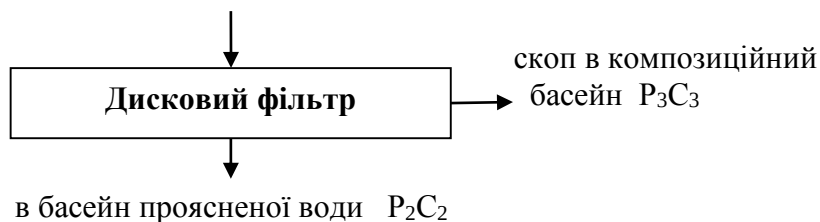
Басейн надлишкових вод



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	3236,39	0,1730	5,60	3230,79
З басейну підсітк.вод	16000,00	0,0030	0,48	15999,52
З басейну вод відсм.ящ.	15383,34	0,1000	15,38	15367,95
Від гауч-вала	6316,76	0,0040	0,25	6316,51
Від сгуц.мокр.браку	1423,69	0,0400	0,57	1423,12
Надійшло(всього)	42360,18		22,28	42337,89
В жолоб №1 і №2	20126,37	0,0526	10,59	20115,78
На сортувалку	850,00	0,0526	0,45	849,55
На дисковий фільтр	21383,81	0,0526	11,25	21372,56
Пішло (всього)	42360,18		22,28	42337,89

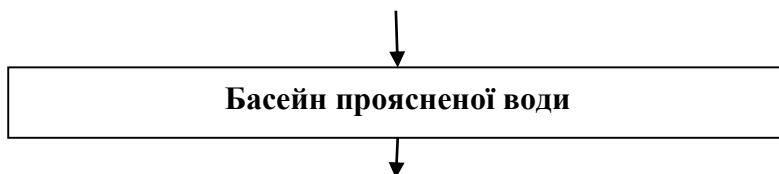
Дисковий фільтр

із басейна надлишкових вод P_1C_1



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну надл.вод	21383,81	0,0526	11,25	21372,56
Надійшло(всього)	21383,81		11,25	21372,56
В композиц.басейн	315,38	3,50	11,04	304,35
В басейн освітл.вод	21068,42	0,0010	0,21	21068,21
Пішло (всього)	21383,80		11,25	21372,56

Басейн прояснених вод



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після дисков.фільтра	21068,42	0,0010	0,21	21068,21
Надійшло(всього)	21068,42	0,0010	0,21	21068,21
На очисні споруди	21068,42	0,0010	0,21	21068,21
Пішло (всього)	21068,42	0,0010	0,21	21068,21

Безповоротні втрати волокна

Під час розрахунку безповоротних втрат волокна враховуються всі його втрати для даного виробництва. Безповоротні втрати волокна становлять:

$$982,93 - 960,00 = 22,93 \text{ кг.}$$

В цьому випадку вимої волокна (ВВ) становлять:

$$ВВ = (22,93 \cdot 100) / 982,93 = 2,33 \text{ \%}.$$

Враховуючи, що відходи плоскої сортувалки можна використати у виробництві інших видів паперу, отримаємо:

$$ВВ = ((22,93-18,44) \cdot 100)/982,93 = 0,46 \%$$

Результати зведеного балансу води і волокна виробництва паперу електроізоляційного призначення наведено в таблицях 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2 – Зведений матеріальний баланс по волокну

Волокно (абс.сух.),кг	Надходження	Витрата
Хвойна невібілена целюлоза	982,93	
	0,00	
Всього:	982,93	
Готова продукція		960,00
Відходи центриклінерів III ст.		0,90
З пресовими водами		3,33
Промивка сукон		0,05
На очисні споруди		0,21
Відходи сортувалки (в цех в-ва інших видів паперу)		18,44
	Всього:	982,93

Таблиця 3.3- Зведений матеріальний баланс по воді

Вода, кг	Надходження	Витрата
З хвойною невібіленою целюлозою	134,04	
Свіжа вода на промивання сіток	16000,00	
Свіжа вода на відсічки відсм. ящиків	8 000,00	
Свіжа вода на промив. сукна	5 000,00	
Свіжа вода на відсічки в гаучі	3 500,00	
Всього:	32 634,04	
З готовою продукцією		40,00
З парою при сушінні		1229,09
З відходами центр. III ст.		149,10
З пресовими водами		3321,89
Промивка сукон		4999,95
На очисні споруди		21068,21
Відходи сортувалки (в цех в-ва інших видів паперу)		1825,79
	Всього:	32 634,04

3.4 Розрахунок теплового балансу

В таблиці 3.4 наведено вихідні дані для розрахунку теплового балансу.

Таблиця 3.4 – Вихідні дані теплового

Вихідні дані		
Продуктивність, кг/год	G	1749,6
Початкова вологість матеріалу, %	W ₁	56,00
Кінцева вологість матеріалу, %	W ₂	4,00
Початкова температура матеріалу, °C	t ₁	20,00
Початкова температура повітря, °C	θ ₁	15,00
Початкова вологість повітря	F ₁	0,40
Кінцева температура повітря, °C	θ ₄	85,00
Кінцева вологість повітря	F ₂	0,84
Температура повітря після теплообмінника, °C	θ ₂	30,00
Температура граючої пари, °C	θ _{пар}	130,00

Таблиця 3.5 – Тепловий баланс сушіння

Прихід	кДж/год
1. З паром, що поступає в сушильні циліндри	5817523,71
2. З паром, що поступає в калорифер	877752,68
3. тепло, що використовується в теплообміннику	260553,01
Всього	6955829,41
Витрата	кДж/год
1. На підігрів	472900,97
2. На сушку в 2-му та 3-му періодах	5235249,07
3. На втрати в навколишнє середовище	31765,29
4. На втрати з невикористаним повітрям	26055,30
5. На підігрів повітря в теплообміннику	260553,01
6. На втрати з відхідним повітрям	929305,75
Всього	6955829,41

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку теплового балансу

Витрата пари в сушильній частині, кг/год	D ₁	2649,88
Витрата пари в калориферах, кг/год	D ₂	399,82
Загальна витрата пари, кг/год	D	3049,70
Витрата пари на 1 кг матеріалу	D _{уд}	1,74
Кількість повітря, що подається на сушіння, кг/год	L	17266,58
Кількість свіжого повітря, кг/год	L ₉	18993,24
Поверхня теплопередачі для нагріву сушки, м ²	F ₁	6,01
Поверхня теплопередачі для сушки, м ²	F _{2,3}	84,81

Продовження табл.3.6

Загальна поверхня теплопередачі, м ²	F	90,82
Температура повітря на вході в сушильну частину, °С	θ_3	80,53
Температура матеріалу при сушінні	t ₂	60,00
Средн. температура матеріалу во 2,3 періодах, °С	t ₄	78,90
Средн. температура матеріалу, °С	t ₅	40,00
Температура матеріалу після сушіння, °С	t ₃	113,55

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

4 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Папероробна машина

Для виробництва паперу електроізоляційного призначення пропонується використовувати папероробну машину марки Б-53 [9]. Її характеристики наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики ПРМ Б-53

Характеристика	Значення
Обрізна ширина полотна, мм	2500
Продуктивність, т/добу	3-30
Швидкість за приводом, м/хв	150

Формула для розрахунку продуктивності машини:

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \cdot B_0 \cdot v \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де 0,06 – коефіцієнт переведення швидкості за часом та маси 1 м² продукції;

B_0 – обрізна ширина полотна, м;

v – швидкість машини, м/хв.;

q – маса 1 м² паперу, г/м²;

K_1 – коефіцієнт холостого ходу ПРМ;

K_2 – коефіцієнт використання машини.

Розраховуємо годинну продуктивність папероробної машини:

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \cdot 2,5 \cdot 150 \cdot 90 \cdot 0,9 \cdot 0,96 = 1749,6 \text{ кг/год}$$

Добова продуктивність машини:

$$Q_{\text{доб}} = Q_{\text{год}} \cdot t_{\text{д}} = 1749,6 \cdot 23 = 40240,8 \text{ кг/добу} \approx 40,24 \text{ т/добу}$$

Планова річна продуктивність машини складає:

$$Q_{\text{річ}} = Q_{\text{доб}} \cdot T_{\text{еф}} = 40,24 \cdot 345 = 13882,8 \text{ т/рік} \approx 13900 \text{ т/рік}$$

де $T_{\text{еф}} = 345$ – кількість неперервної роботи машини, днів на рік.

Гідророзбивач

Для розпуску хвойної електроізоляційної целюлози обрано вертикальний гідророзбивач типу ГРВ-16 [9], характеристики якого наведено в табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики гідророзбивача ГРВ-16

Характеристика	Значення
Об'єм ванни, м ³	16
Потужність електродвигуна, кВт	200
Частота обертання ротора, хв ⁻¹	180
Продуктивність, т/добу	45

Кількість гідророзбивачів ГРВ-05 за формулою:

$$N = \frac{Q_{\text{доб}}}{Q_{\text{доб ГРВ}}} = \frac{40,24}{45} = 0,9 \approx 1 \text{ гідророзбивач.}$$

Дисковий млин

Для розмелювання обрано дисковий млин типу МД-14 [9], технічні характеристики якого наведено в табл.4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики дискового млина МД-14

Характеристика	Значення
Діаметр дисків, мм	630
Потужність електродвигуна, кВт	160
Частота обертання ротора, хв. ⁻¹	750
Продуктивність, т/добу	20-80

Кількість млинів розраховується по приросту ступеня млива. Початковий ступінь млива складає $12 \pm 2^{\circ}$ ШР, а кінцевий – 60° ШР. Приріст на 1-му млині становить $8-10^{\circ}$ ШР, тому кількість млинів складає:

$$N = \frac{\Delta \text{СМ}_{\text{цел}}}{\Delta \text{СМ}_{1 \text{ мл.}}} = \frac{60-13}{10} = 4,7 \approx 5 \text{ млинів.}$$

Установка вихрових конічних очисників

Схемою передбачено встановлення установки вихрових конічних очисників типу УВК-50-02 [9], технічні характеристики якої наведено в табл.4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики установки вихрових очисників

Характеристика	Значення
Продуктивність, т/добу	50
Кількість очисників за ступенями	I ст. – 20; II ст. – 6; III ст. – 2
Пропускна здатність, л/хв	400
Діаметр очисника, мм	160
Діаметр отвору насадки, мм	24
Габаритні розміри, мм	4,36 x 3,87 x 3,10
Загальна маса установки, т	10,9

Кількість установок вихрових очисників складає:

$$N = \frac{Q_{\text{доб}}}{Q_{\text{доб ЦОЦ}}} = \frac{40,24}{50} = 0,805 \approx 1 \text{ установка.}$$

Вузловловлювач

По значенням добової продуктивності ПРМ обрано вузловловлювач ВЗ-02 [9], технічні характеристики якого наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики вузловловлювача ВЗ-02

Характеристика	Значення
Продуктивність, т/добу	25-50
Площа сита, м ²	1,17
Концентрація маси, %	1,3
Перепад тиску, МПа	0,015-0,035
Кількість лопатей, шт.	2

Продовження табл.4.5

Частота обертання ротора, хв. ⁻¹	300
Потужність електродвигуна, кВт	10
Габаритні розміри, м	2 x 1,28 x 1,99

Кількість вузловловлювачів складає:

$$N = \frac{Q_{\text{доб}}}{Q_{\text{добВЗ}}} = \frac{40,24}{50} = 0,805 \approx 1 \text{ вузловловлювач.}$$

Сортувалка

По значенням добової продуктивності ПРМ обрано сортувалку фірми «Фойт», характеристики якої наведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Технічні характеристики сортувалки

Характеристика	Значення
Продуктивність, т/добу	20-50
Площа сита, м ²	1,15
Концентрація маси, %	0,3-0,5
Перепад тиску, МПа	0,015-0,035
Кількість лопатей	3
Потужність електродвигуна, кВт	15
Частота обертання ротора, хв. ⁻¹	300
Габаритні розміри	1,43 x 1,04 x 1,05

Кількість сортувалок становить:

$$N = \frac{Q_{\text{доб}}}{Q_{\text{добСорт}}} = \frac{40,24}{50} = 0,805 \approx 1 \text{ сортувалка.}$$

Гідророзбивач сухого браку

Для розпуску сухого браку після виробництва паперу обрано вертикальний гідророзбивач типу ГРВ-00, характеристики якого наведено в табл.4.7.

					Пояснювальна записка	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7 – Технічні характеристики гідророзбивача ГРВ-00

Характеристика	Значення
Діаметр ванни, мм	1400
Діаметр ротора, мм	600
Потужність електродвигуна, кВт	10
Частота обертання ротора, хв ⁻¹	560
Продуктивність, т/добу	2

Кількість гідророзбивачів ГРВ-00 за формулою:

$$N = \frac{Q_{\text{доб}}}{Q_{\text{доб ГРВ}}} = \frac{40,24 \cdot 0,04}{2} = 0,81 \approx 1 \text{ гідророзбивач.}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ПАПЕРУ

Приміщення папероробного цеху за конструкцією каркасне, збірне залізобетонне. Займає два поверхи. Довжина 174 м, висота 23,5 м, ширина 24 м. Приміщення спирається на 30 колон, їх крок – 6 метрів.

В залі папероробного цеху розміщена 1 папероробна машина. Відмітка висоти другого поверху складає 6 метрів.

Стіни великопанельні з одношарових газобетонних панелей, товщина стіни складає 200 мм.

Приміщення має 2 евакуаційних виходи. Двері в приміщенні відкриваються назовні. Розміри проходів складають 1,35 м, площадок – 1,4 м, дверей – 1,4 м.

В приміщенні передбачено два монтажні отвори для здійснення технологічних та ремонтних операцій. Також обслуговування цеху здійснюється мостовим краном.

На першому поверсі розміщені машинний басейн, гауч-мішалки, насоси. На другому поверсі ПРМ, накат, зволожнювач, суперкаландр, повздовжньорізальний верстат та пакувальний станок.

Вікна окремі, на першому і другому поверсі розмірами 3000×2400 мм.

Фундамент, на який опираються колони споруди, стовпчастого типу – багатоблоковий. Розміри нижньої плити фундаменту: ширина – 2,5 м, довжина – 2,5 м. Глибина залягання фундаменту - 2,3 метра.

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

6 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ

Целюлозно-паперова промисловість належить до такої промисловості, яка витрачає значну кількість води. Є навіть види паперу, для виготовлення 1 т якого використовується більше 1000 м³ свіжої води. Але за статистикою, кількість води, що використовується у внутрішньо цеховому обороті, досягає 70-90% [13].

В даному дипломному проекті свіжа вода використовується на промивання сіток, для відсічок на відсмоктувальних ящиках, але також передбачено використання обігових вод. Також виробництво електроізоляційного трансформаторного паперу не передбачає використання хімікатів, що полегшує процес очищення та прояснення вод.

Води, які відходять від папероробної машини, мають різну концентрацію волокна в залежності від ділянки, з якої вони відбираються. Вода, яка відходить від формуючої частини машини, використовується для розбавлення паперової маси в масопідготовчому відділі, так як має достатньо високий вміст волокна.

Вода з нижчим вмістом волокна, а саме надлишкова вода з гауч-вала, від відсмоктувальних ящиків та від промивання сітки і сукна використовується для розбавлення паперової маси й розпуску оборотного паперового браку. Скоп, після дискового фільтра, направляється назад у технологічний процес.

Повторне використання скопу і води сприяє не лише заощадженню волокна і води, а й робить дане виробництво екологічно безпечним, оскільки не забруднюються водойми.

На виробництві в залах папероробних машин наявне надлишкове виділення тепла від сушильних частин машини, електродвигунів, приводів та інше, а також вологовиділення з сушильної і мокрої частин машини та іншого обладнання.

У зв'язку з наявністю в залах папероробних машин значних втрат тепла, в них проектується тільки чергове опалення (теплорегенераційними агрегатами).

Фізико-хімічні і санітарно-гігієнічні характеристики шкідливих речовин

Відповідно до технологічної частини проекту мають місце шкідливі, пожежо-

					Пояснювальна записка	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

небезпечні матеріали та речовини.

Використовується електрична, механічна, теплова енергія, стиснене повітря, внутрішньоцеховий транспорт, стрічкові транспортери.

Під час експлуатації обладнання технологічної лінії на обслуговуючий персонал можуть діяти небезпечні виробничі фактори:

- машин та механізмів, що рухаються;
- незагороджених елементів устаткування, що рухаються.
- переміщення готової продукції;
- підвищена температура та вологість повітря робочої зони;
- небезпечний рівень напруги в електричній мережі.

Шкідливі виробничі фактори:

- підвищена температура поверхні обладнання (в сушильній частині машини);
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень пилу в повітрі робочої зони;
- підвищений рівень статичної електрики;
- недостатня освітленість робочої зони.

Пил

При виробництві електроізоляційного трансформаторного паперу утворюється пил, який є шкідливим виробничим чинником, оскільки надає шкідливу дію на слизисту оболонку очей та дихальним шляхам.

Гранично допустима концентрація шкідливих речовин, зокрема паперового пилу у повітрі робочої зони не повинна перевищувати 6 мг/м³ згідно з ГОСТ 12.1.005-88 [14] (IV клас безпеки, особливості дії на організм: А – алергічну, Ф – фіброгенну).

Очищення повітря робочої зони на реконструйованому підприємстві забезпечується загальною обмінною примусовою приточно-витяжною системою вентиляції, та місцевою приточною вентиляцією. Працівники технологічного потоку (якщо є необхідність) забезпечуються респіраторами У-2К.

					Пояснювальна записка	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пожежна безпека

На технологічному потоці виготовлення електроізоляційного трансформаторного паперу виконуються вимоги пожежної безпеки згідно з правилами пожежної безпеки в Україні [15].

Паперове виробництво – пожежонебезпечне. Пожежа може виникнути внаслідок накопичення статичної електрики, несправності виробничого обладнання, порушення технологічного процесу, течі мастильних матеріалів, пробою електричних кабелів, несправності електрообладнання, що може викликати іскріння, коротке замикання, надмірний нагрів горючої ізоляції кабелів і проводів, порушення Під час проведення вогневих робіт, паління в заборонених місцях.

Сушильна частина та накат, дільниця обробки паперу небезпечні у пожежному відношенні. Найбільшу небезпеку становить накопичення браку та пилу, теча мастил, висока температура частин обладнання.

Для запобігання небезпеки виникнення пожежі на ПРМ стан обладнання постійно контролюється та постійно підтримується в справному стані. Не допускається накопичення браку та пилу в сушильній частині та накаті ПРМ і біля поздовжньо-різального верстату. Очистку обладнання сушильної частини, накату від браку та пилу проводять працівники технологічного потоку тільки під час зупинки ПРМ пилоприбиральними установками, які мають вибухозахищене виконання, за допомогою вакууму або скребками з використанням негорючих миючих розчинів.

Осередок пожежі гасять за допомогою вогнегасників та водою з пожежних кранів. Електроустаткування, яке знаходиться під напругою до 1000 В гасять вуглекислотними або порошковими вогнегасниками. На пожежонебезпечному устаткуванні та в пожежонебезпечних місцях, що становлять небезпеку займання або вибуху, вивішені знаки, які забороняють користування відкритим вогнем.

Виробничий шум та вібрація [16]

Виробничий шум та вібрація надають шкідливу дію на слух людини та його нервову систему. Джерело шуму в цеху виробництва електроізоляційного транс-

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

форматорного паперу – частини машини, що обертаються, насоси, вентилятори, двигуни, великий шум створюють вакуум і повітродувки. Допустиме значення тиску звуку згідно з ДСН 3.3.6.037-99 відповідає 80 дБ.

Контроль за рівнем шуму проводиться 1 раз на рік за допомогою шумоміра ВШВ-004. Найбільший шум в цеху створюється пресою частиною ПРМ. Як індивідуальний захист застосовують протишумні вкладиші, навушники.

Захист від вібрації забезпечується:

- застосуванням заходів віброзахисту, що знижує дію вібрації на робітників;
- організаційно-технічними заходами, підтримкою високого рівня механічного стану устаткування.

Небезпека ураження електричним струмом. По ступеню небезпеки ураження електричним струмом виробництво відноситься до класу особливо небезпечних приміщень, оскільки приміщення характеризується:

- наявністю вогкості (вологість більше 75%);
- наявністю струмопровідної підлоги;
- наявністю високої температури повітря (35 °С);
- можливістю одночасного дотику людини з механізмами, що мають під'єднання із заземленням, металоконструкцій будівель, механізмів з одного боку і до металевого корпусу електроустаткування з іншого;
- руйнування ізоляції електроустаткування.

З ціллю попередження загрози ураження електричним струмом в проекті передбачено ряд захисних заходів:

- для освітлення басейнів і простору над ковпаком папероробної машини застосовують малу напругу в 12-36 В;
- вибір і установка обладнання проведені з врахуванням умов навколишнього середовища;
- струмовідні частини електрообладнання огорожені і заземлені;
- для захисту від струму перенавантаження і струму короткого замикання застосовуються плавкі запобіжники з релейним захистом;
- все обладнання повинно мати справну ізоляцію.

					Пояснювальна записка	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті розроблено технологічний потік з виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу марки ТВУ-085 та вирішено наступні задачі:

1. Обґрунтовано розробку технологічного потоку цеху з виробництва електроізоляційного паперу з додаванням наступних елементів:

- встановлення одно дискових млинів для забезпечення низьких енергетичних витрат та малих експлуатаційних затрат на виробництво паперу за рахунок більш простої конструкції гарнітури та млина загалом;

- встановлення синтетичної безшовної сітки для збільшення строку експлуатації, полегшення процесу її заміни та відсутності маркування на полотні при виробництві паперу;

- зменшення розмірів пресової частини за рахунок встановлення трьох-вального преса із подвійною зоною пресування;

- надання додаткової щільності за рахунок встановлення суперкаландру СКК-10 та зволожувального верстата.

2. Наведено стандарти на хвойну невібілену електроізоляційну целюлозу та папір електроізоляційний трансформаторний.

3. Розроблено та описано технологічну схему виробництва електроізоляційного трансформаторного паперу.

4. Розраховано матеріальний баланс води та волокна:

- встановлено, що на виробництво 1 т паперу витрачається 985,59 кг хвойної електроізоляційної целюлози;
- на виробництво 1 т паперу витрачається 32634,40 кг води;
- вимої волокна за розрахунком матеріального балансу становить 0,46 %.

5. Розраховано тепловий баланс контактного способу сушіння електроізоляційного трансформаторного паперу. На сушіння 1 кг паперу потребується 1,74 кг пари.

6. Описано основні теоретичні відомості про процеси розмелювання, сушіння та каландрування.

					Пояснювальна записка	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Здійснено вибір основного технологічного обладнання: папероробної машини, гідророзбивачів целюлози та сухого браку, млинів, установок вихрових конічних очисників, вузловловлювача, сортувалки.

8. Спроековано об'ємно-планувальне рішення будівлі цеху з визначенням його довжини, ширини, плану цеху на висоті +6 м, а також поперечний та повздовжній розрізи по відповідним осям.

9. Наведено заходи з охорони праці на виробництві від впливу шуму, пилу, а також пожежна безпека.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Роль бумаги в жизни человечества. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://rodikon.ru/rol-bumagi-v-zhizni-chelovechestva.html>
2. ВИРОБНИЦТВО ДЕРЕВИНИ Й ПАПЕРУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ. Електронний ресурс. – Режим доступа: <https://textbooks.com.ua/9-klas/geografiya9/4158-vyrobnyctvo-derevyny-i-paperu-v-ukraini-ta-sviti.html>
3. Electrical insulation paper. Электронный ресурс. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_insulation_paper
4. Электроматериаловедение - Электроизоляционные бумаги, картоны, фибра, волокнистые материалы. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://forca.ru/knigi/arhivy/elektromaterialovedenie-36.html>
5. Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1988 – с. 370-371.
6. Целлюлоза хвойная сульфатная небеленая электроизоляционная. Технические условия: ГОСТ 12765-88 – М.: Издательство стандартов, 1988 год – 16 с.
7. Бумага электроизоляционная трансформаторная. Технические условия: ГОСТ 24874-91 – М.: Издательство стандартов, 1991 год – 11 с.
8. Фляте Д. М. Свойства бумаги. – Изд. 3-е, переработанное и добавленное.– М.: Лесн. пром-сть, 1986 – 680 с.
9. Иванов С. Н. Технология бумаги. – 2-е изд., М.: Лесн. пром-сть, 1970 – 696 с.
10. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: Навчальний посібник для вузів. – К.: ЕКМО, 2002 – 396 с.
11. 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.

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

12. Бойко В. В. Цех з виробництва електроізоляційного паперу в системі Приватного акціонерного товариства „Малинська паперова фабрика – Вайдманн” з розробленням технологічного потоку : дипломний проект ... бакалавра : 6.051301

Хімічна технологія / Бойко Віталій Вікторович. – Київ, 2019. – 59 с.

13. Вода в предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности. Електронний ресурс. – Режим доступу: https://ros-pipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/vodoprovodnye-sistemy-i-oborudovanie/otraslevye-resheniya/1459/.

14. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны / МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>.

15. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги / Дата прийняття 31.10.2016 // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456

16. Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука / Министерство охраны здоровья (МОЗ) / Дата принятия 01.12.1999 // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=48147.

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

ДОДАТОК А

ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

- 1 – гідророзбивач вертикальний ГРВ-16
- 2 – приймальний басейн
- 3 – очисник маси
- 4 – однодискові млини МД-14
- 5,6 – басейн розмеленої целюлози
- 7 – композиційний басейн
- 8 – бак постійного рівня
- 9 – змішувальний насос
- 10 – установка вихрових конічних очисників УВК-50-02
- 11 – вузловловлювач
- 12 – сортувалка
- 13 – напірний ящик
- 14 – грудна дошка
- 15 – гідропланки
- 16 – відсмоктувальні ящики
- 17 – гауч-вал
- 18 – пресова частина
- 19 – сушильні циліндри
- 20 – холодильні циліндри
- 21 – машинний каландр
- 22 – накат
- 23 – бабінно-різальний станок зі зволожувачем
- 24 – суперкаландр
- 25 – поздовжньо-різальний станок
- 26 – рулоно-пакувальний станок
- 27 – гідророзбивач сухого браку
- 28 – пульсаційний млин
- 29 – басейн браку

					Пояснювальна записка	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30 – дисковий фільтр

31 – басейн прояснених вод

32 – гауч-мішалка

33 – згущувач мокрого браку.

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