

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок
та косметичних засобів**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту ННІХТ
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2022 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри ТЖХТ
Тамара НОСЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Хімічна технологія
на тему: Удосконалення технології виробництва целюлози

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХТ-4-4

ПАВЛЮКОВЕЦЬ Дмитрій Юрійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Керівник КОВАЛЬОВА Світлана Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент Олена МАЙБОРОДА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач(ка) _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Павлюковець Дмитрій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технології виробництва целюлози

керівник роботи к.х.н. доцент Ковальова Світлана Олександрівна,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “31” березня 2022 року № 168-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, технологічна частина, техніко-економічне обґрунтування, організація контролю якості продукції, екологічна безпека та охорона праці, висновки, список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	05.05.2022	31.05.2022

7. Дата видачі завдання _____ 31 березня 2022 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	02.05.2022	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02.05.2022-05.05.2022	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	06.05.2022-11.05.2022	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	12.05.2022-16.05.2022	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	17.05.2022-19.05.2022	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	20.05.2022-23.05.2022	
7	ВИСНОВКИ	24.05.2022-25.05.2022	
8	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02.05.2022-25.05.2022	
9	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	02.05.2022-20.05.2022	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	02.05.2022-19.05.2022	
11	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	02.06.2022-09.06.2022	

Здобувач _____
(підпис)

Дмитрій ПАВЛЮКОВЕЦЬ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Світлана КОВАЛЬОВА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: 71С., 23 РИС., 22 ТАБЛ., 31 ДЖЕРЕЛА.

У роботі представлено технологію отримання целюлози із соломи, розроблену на основі аналізу існуючих технологій та стану сировинної бази в Україні. Запропоновано удосконалення технології шляхом проведення додаткової стадії отримання лігніну, який є побічним продуктом виробництва і важливою вихідною сировиною для різних виробництв.

У запропонованій технологічній схемі виробництва целюлози визначені основні матеріальні потоки, описані стадії виробництва, складено принципово-технологічну схему.

Виконано розрахунок матеріального та теплового балансів виробництва.

Технологічні параметри ведення технологічних процесів прийняті з урахуванням фізико-хімічних властивостей речовин, що використовуються і утворюються на виробництві, закономірностей процесу технології та економічних показників.

Проведено і обґрунтовано вибір основного технологічного обладнання, складено апаратурно-технологічну схему. Виконано розрахунок реактора з рамною мішалкою.

Наведено розрахунок економічні показники виробництва целюлози за запропонованою технологією.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦЕЛЮЛОЗА, ЛІГНІН, ОХОРОНА ПРАЦІ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ.

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 71 P., 23 FIG., 22 TABLES, 31 SOURCE.

The paper presents the technology of pulp production from straw, developed on the basis of the analysis of existing technologies and the state of raw materials in Ukraine. It is proposed to improve the technology with the help of additional stages, which produce lignin, which is a biological product of production and an important raw material for various industries.

In the offered technological scheme of cellulose production the basic material streams are defined, stages of production are described, the basic technological scheme is made.

The calculation of material and heat balances of production is performed.

Technological parameters of technological processes are taken into account the physical and chemical properties of substances used and formed in production, the laws of the technology process and economic indicators.

The choice of the main technological equipment is carried out and substantiated, the hardware–technological scheme is made. The calculation of the reactor with a frame stirrer was performed.

The calculation of economic indicators of pulp production according to the proposed technology is given.

KEY WORDS: CELLULOSE, LIGNIN, OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY, QUALITY CONTROL.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО–ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Целюлоза.....	9
1.2 Лігнін	13
1.3 Огляд способів виробництва целюлози	16
1.4 Стан сировинної бази	17
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	20
2.1 Опис вихідної сировини	20
2.2 Опис принципово–технологічної схеми виробництва харчової целюлози.....	22
2.3 Розрахунки матеріального балансу	28
2.4 Тепловий розрахунок.....	36
2.5 Підбір технологічного обладнання.....	38
2.6 Конструктивний розрахунок реактора з мішалкою	45
2.7 Опис апаратурно–технологічної схеми	50
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	53
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	57
4.1 Вимірювання вологості за допомогою просушування.....	57
4.2 Органолептичні показники	57
4.3 Токсичність	58
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	68

<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.006.КР.ПЗ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		<i>Павлюковець Д.Ю</i>		
Перевір.		<i>Ковальова С.О.</i>		
Н. Контр.. Н.		<i>Подобій О.В.</i>		
Затверд.		<i>Носенко Т.Т.</i>		
ЗМІСТ				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		6		
НУХТ Каф. ТЖХТ				

ВСТУП

Целюлозу у складі деревини люди застосовують протягом всієї історії цивілізації. Спочатку деревина використовувалась як паливо та матеріал для будівництва. Потім бавовну, льон та волокна коноплі застосовували для виготовлення різних тканин.

Целюлоза була виявлена та описана французьким хіміком Ансельмом Пайєном у 1838 році. В 1853 році було припущення, що деревина може служити сировиною для виробництва целюлози, проте потреба виникла тільки на початку XIX століття, коли була винайдена примітивна технологія отримання целюлози з деревини. У промисловості хімічну обробку дерев'яного матеріалу стали практикувати через розвиток виробництва паперових виробів. В Європі в кінці вісімдесятих років XX ст. був створений та стабільно функціонував промисловий комплекс целюлозно-паперової промисловості. За даними ФАО (Юнеско), у 80-х роках XX століття на території сучасної Європи було вироблено близько 7000 тис. т. целюлози, і за цим показником Європа займала четверте місце у світі. За даними на момент 2017 році у світі було вироблено 179,7 млн. тон целюлози [1].

У XXI столітті найбільшими виробниками целюлози стали США (27%), Бразилія (11%), Канада (9%), Швеція (7%), Фінляндія (6%), Китай (6%), Японія (5%), Росія (5%), Індонезія (4%), Чилі (3%), Індія (2%) та Португалія (2%). Останні роки в зв'язку зі зменшенням запасів нафти і газу і збільшенням цін на них, значно підвищилась зацікавленість у використанні целюлози як сировини для виробництва різноманітних продуктів. На сьогоднішній день целюлоза є цінною сировиною для хімічної, фармацевтичної, легкої та харчової промисловості. Целюлозу використовують для одержання віскозних та ацетатних волокон, бездимного порошку, лаків та пластичних мас. З кожним роком використання целюлози зростає, вдосконалюються існуючі методи

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.007.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
<i>Розроб.</i>		<i>Павлюковець Д.Ю.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Ковальова С.О.</i>					7	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>				НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

вилучення целюлози з рослин у промислових масштабах та розробляються альтернативні технології її отримання.

Основою виробництва целюлози є рослинна сировина, в основному деревина, солома, тростина та листя дерев. Україна розташована у степовій і лісостеповій природних зонах, тому має сприятливі умови для вирощування злакових та інших культур, тобто має різноманітну сировинну базу для отримання целюлози у промислових масштабах.

Об'єкт дослідження є виробництво целюлози.

Предметом дослідження є целюлоза.

Мета дослідження є удосконалення технології промислового виробництва целюлози.

Актуальність роботи зумовлена попитом на целюлозу, широким спектром її використання.

Завдання на виконання роботи:

1. Провести аналітичний огляд науково–технічної літератури та отримати інформацію про целюлозу, її види та характеристики.
2. Навести характеристику вихідної сировини, яку використовуємо для виробництва харчової целюлози.
3. Розробити апаратно–технологічну та принципову схему.
4. Зробити розрахунки матеріальних балансів на кожній стадії опираючись на задану потужність.
5. На отриманих матеріальних розрахунках виконати підбір обладнання.
6. Виконати розрахунки реактора з мішалкою та виконати його креслення.
7. Виконати розрахунки економічної частини
8. Навести показники безпеки продукції та методи її аналізу.
9. Охарактеризувати показники екологічної безпеки для підприємства, що розробляємо, та охорону праці.

					ВСТУП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО–ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Целюлоза

Целюлоза – найпоширеніший у природі полісахарид, хімічна формула $(C_6H_{10}O_5)_n$ [9], один з основних компонентів клітинних стінок рослин. Вміст целюлози у деревині 50–70%, у бавовні – 98%. Первинна структура целюлози була визначена в 1930–х роках. Даний полісахарид зустрічається майже тільки у рослинах, де його доля складає приблизно 50% від загального складу карбону.

Макромолекули целюлози мають лінійну будову і складаються із залишків β -D-глюкопіранози кількістю від 2500 до 25000, сполучених 1,4-глікозидними зв'язками [12]. Фрагмент макромолекули целюлози наведено на рисунку 1.1.

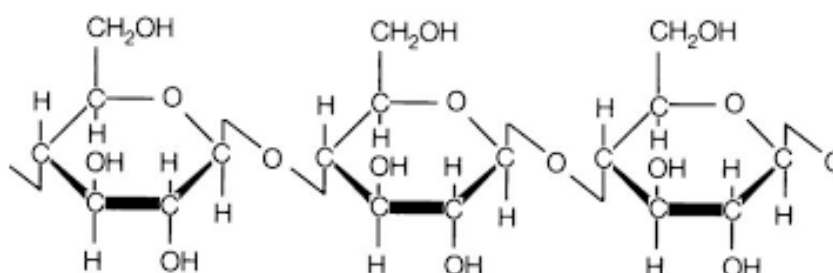


Рис 1.1 Фрагмент макромолекули целюлози

У целюлозі всередині макромолекул і між ними виникають два види взаємодій: сили Ван-дер-Ваальса та водневі зв'язки. Гідроксильні групи макромолекул в межах одного ланцюга утворюють внутрішньомолекулярні водневі зв'язки, які надають жорсткості ланцюгам целюлози. Між макромолекулярними ланцюгами утворюються міжмолекулярні Н-зв'язки.

					<i>ННХТ.ХТ-4-4.022.161.009.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Павлюковець Д.Ю.</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ковальова С.О.</i>				9	
Н. Контр.		<i>Подобій О.В.</i>			НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		<i>Носенко Т.Т.</i>					
АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ							

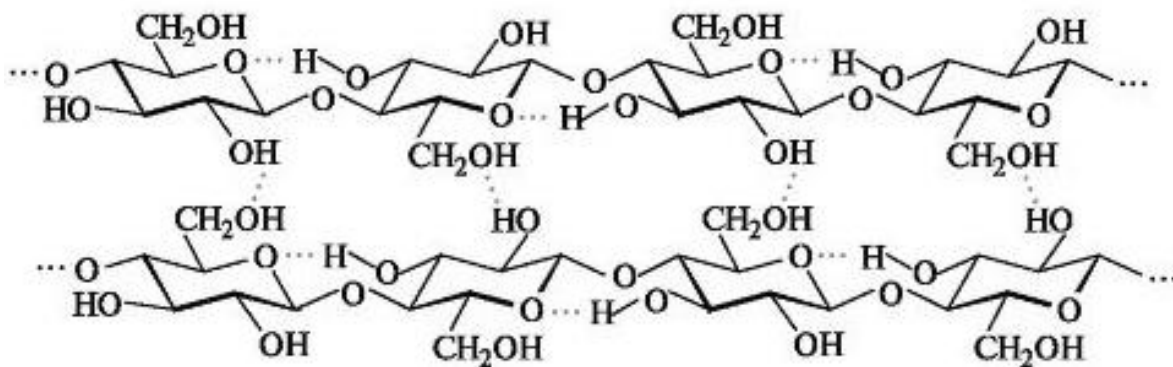


Рис 1.2 Водневі зв'язки в молекулах целюлози

Велика кількість гідроксильних груп целюлози, що беруть участь в утворенні водневих зв'язків, обумовлює їх високу сумарну енергію. Водневі зв'язки у целюлозі мають важливе значення, оскільки визначають фізичну структуру целюлози і впливають на фізичні і хімічні властивості целюлози.

Завдяки водневим зв'язкам макромолекули целюлози в клітинних стінках вони організовані у мікрофібрили. У природних волокнах макромолекули целюлози орієнтовані в одному напрямку, а саме вздовж осі волокна. Хоча водневі зв'язки досить слабкі, завдяки їх великій кількості мікрофібрили целюлози мають високу механічну міцність і стійкість до дії ферментів.

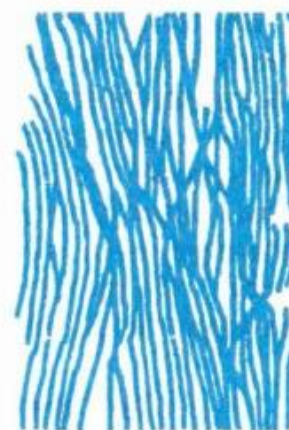


Рис 1.3 Природна структура волокон целюлози

Фізичні і хімічні властивості целюлози: це безбарвна тверда речовина, нерозчинна у воді, спирті, хлороформі та інших органічних розчинниках і обмежено розчинна у лугах. Целюлоза розчинна в сульфатній та ортофосфатній кислотах, водних розчинах комплексних сполук d-елементів, таких як Нікель, Купрум, Кадмій [7]. Ступінь кристалічності становить 70–85%. При 150 °C відбувається деструкція з утворенням низькомолекулярних сполук та інших продуктів складної будови. Диспергована у воді мікрокристалічна целюлоза утворює тіксотропний гель [10].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Наявність у кожному глюкозному залишку $(C_6H_{10}O_5)_n$ трьох гідроксильних груп дозволяє отримувати складні ефіри целюлози, що використовуються для штучного волокна, лаків, вибухових та інших речовин.

Метаболізм та токсичність: целюлоза не розщеплюється ферментами шлунково-кишкового тракту людини, але є необхідною баластною речовиною, яка при проходженні по травній системі не всмоктується в кров і виводиться практично незмінною [12].

Целюлоза, як і інші полісахариди, піддається частковому та повному гідролізу, з утворенням гідроцелюлози при неглибокому гідролізі [14].

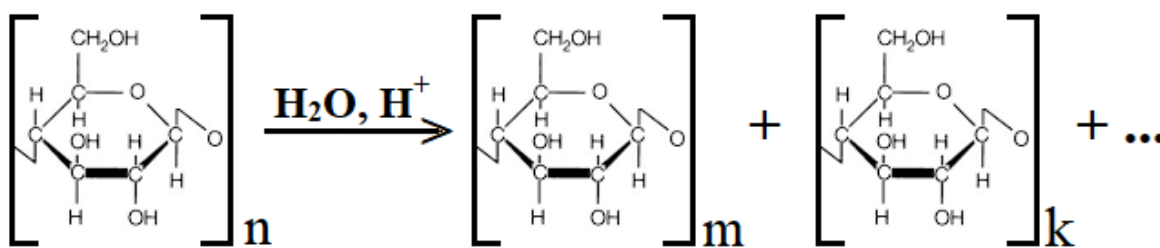


Рис 1.4 Неглибокий гідроліз целюлози

Продуктами глибокого гідролізу целюлози є целобіоза і глюкоза.

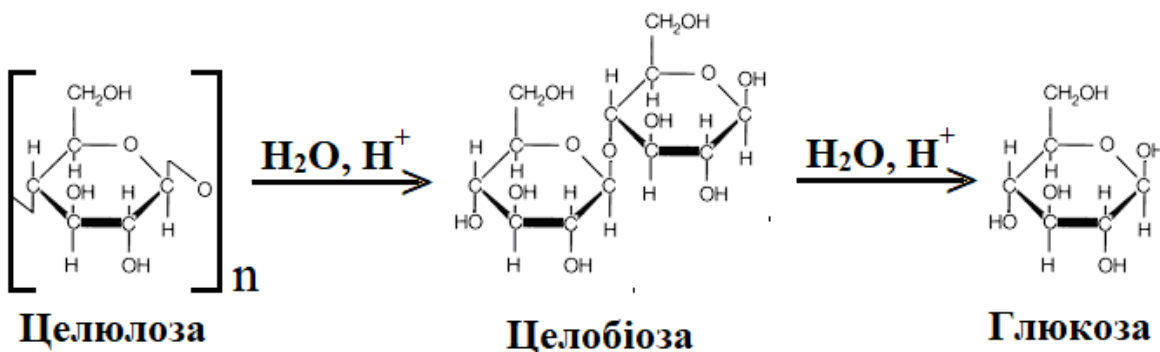


Рис 1.5 Глибокий гідроліз целюлози

Швидкість гідролізу целюлози збільшується у присутності мінеральних кислот, які є каталізаторами цієї реакції [21]. При гідролізі целюлози спочатку целюлоза втрачає волокнисту структуру і перетворюється на гідроцелюлозу – суміш макромолекулярних речовин, що утворюються при гідролізі целюлози кислотою. Гідроцелюлоза виходить в певних умовах тривалого впливу на

целюлозу розведених мінеральних кислот за нормальної температури або при більш короткочасній обробці ними при нагріванні. Гідроцелюлоза має знижений середній ступінь полімеризації, але більш високий рівень кристалічності в порівнянні з вихідною целюлозою. Реакція на стадії гідролітичної деструкції протікає досить швидко. Подальший гідроліз кристалічної частини целюлози в розведених кислотах при кип'ятінні йде дуже повільно і збільшення його швидкості потрібно підвищення температури до 160...190.

Змінюючи основні параметри процесу гідролізу целюлози (час, температуру, концентрацію к-ти), можна отримати продукти гідролізу, що відрізняються за середньою мірою полімеризації та розчинності в лугах.

Целюлоза набула широкого поширення в багатьох сферах промисловості.

Сфери застосування целюлози

Таблиця 1.1

Сфера діяльності	Застосування
1	2
Хроматографія	Для іонного обміну застосовують спеціальні сорти іонообмінної целюлози. Залежно від природи активних груп іонообмінні целюлози можуть бути катіонітами та аніонітами. У шарах цих целюлоз можна розділяти як неорганічні іони, а й ряд органічних сполук пептидів, білків, нуклеотидів.
Побутові речі	Целюлоза використовується у виробництві паперу, штучних волокон, плівок, пластмас, лакофарбових матеріалів, бездимного порошу, вибухівки.

Медицина	Отримання колодію (щільна плівка для медицини).
Хімічній промисловості	Одержання глюкози, етилового спирту (для отримання каучуку), для отримання гідролізного спирту.
Фармацевтична промисловість	Використовується як наповнювач у таблетках у фармацевтиці. На разі в Україні целюлозу застосовують фармацевтичні компанії АО «Фармак» у препаратах Айгліп, Арфа Комбі, Кейвер. АТ «Дарниця» в Ерідез, Вазоклін тощо.
Харчова промисловість	В харчовій промисловості. Виконує функції наповнювача продукції, для запобігання розшаровування та у ролі емульгатора.

1.2 Лігнін

Лігнін є найважливішою, після целюлози, складовою клітинних стінок рослин. Вміст лігніну може сягати до 30 %. Найбільше лігніну міститься в деревині і найменше у плодах бавовни. Оболонки клітин, що містять лігнін, характеризуються більшою міцністю при стисканні, стійкістю до фізичних і біологічних пошкоджень.

Лігнін має вигляд аморфного порошку або волокон жовтуватого або темно-коричневого кольору, не розчиняється у воді та органічних розчинниках. Молекулярну масу макромолекул лігніну коливається в межах 1000 – 100 000 а.о., щільність лігніну становить 1.2 – 1.4 г/см³ [29].



Рис. 1.6 Лігнін

Лігнін (від. лат – дерево) – це полімер природного походження нерегулярної будови, утворений неупорядкованою рекомбінацією фенолпропанових залишків C_6-C_3 . Масові частки карбону, гідрогену і кисню у лігніні в різних рослинах неоднакові, але приблизно становлять: С – 63 %, Н – 6 %, О – 31% [29]. Фрагмент макромолекули лігніну наведено на рис. 1.7.

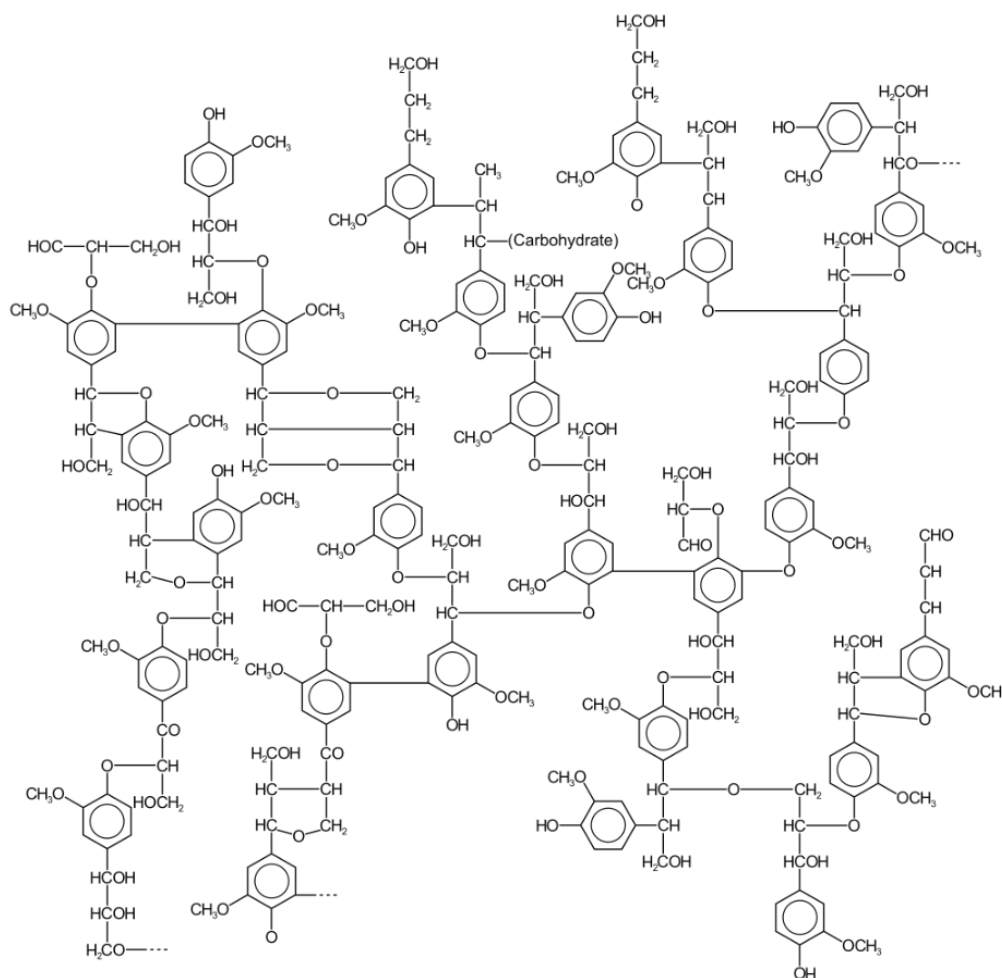


Рис. 1.7 Фрагмент молекули лігніну

Присутність домішок лігніну у целюлозі обумовлює:

- зниження реакційної здатності целюлози, уповільнення її набухання та погіршення розчинності, що пояснюють наявністю хімічних зв'язків між макромолекулами полісахариду і лігніну, що утворюють сітчасту структуру. Присутність лігніну в целюлозі зменшує розчинність її естерів і ускладнює виробництво штучних волокон [8].

- уповільнення окиснювальної деградації макромолекул целюлози, що відбувається при дії кисню повітря в лужному середовищі.

- утворення хлорлігніну в процесі відбілювання хлором штучних волокон. Хлорлігнін у лужному середовищі може утворювати забарвлені продукти. Це може бути однією з причин самочинного виникнення плям на штучному волокні.

- збільшення жорсткості штучних волокон навіть за умови незначного вмісту лігніну, хоча це не впливає на їхні механічні властивості. Кількість лігніну в сульфатній неочищеній целюлозі має бути не вище 0,65–0,75% або, з поправкою на наявність інших домішок у залишку після гідролізу, не більше 0,2–0,3%.

Лігнін з рослинної сировини отримують кількома методами:

- обробкою концентрованими неорганічними кислотами — HCl і H₂SO₄. При цьому целюлоза та інші полісахариди повністю або частково гідролізуються та переходять у розчин. Залишок складається переважно з лігніну і незначної кількості смолистих речовин, що не піддаються гідролізу в присутності кислот.

- обробкою 1,0 – 2,5 %-ми розчинами лугів при високому тиску та температурі. За цих умов фенольні групи лігніну реагують з лугом, збільшуючи його розчинність у воді. Полісахариди в слабкому лужному середовищі не зазнають гідролізу.

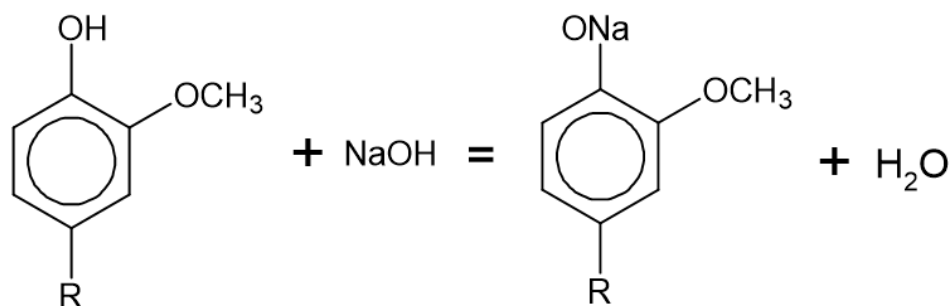


Рис. 1.8 Реакція розчинення лігніну

Унікальна хімічна структура лігніну робить є цінною речовиною, яку використовують як в аграрній сфері як компонент ґрунту, що підвищує його поживність для рослин, так і в хімічній промисловості для отримання хімічних сполук, таких як щавлева кислота, феноли, ванілін, бузковий альдегід, медичний та технічний алігін [29].

1.3 Огляд способів виробництва целюлози

Азотна кислота є сильною кислотою, тому її вплив на полісахаридну частину деревини в умовах варіння носить головним чином гідролітичний характер, що призводить до суттєвого гідролізу геміцелюлоз.

При дії азотної кислоти на лігнін у твердій фазі утворюється не тільки нітролігнін, а й продукти окислення лігніну, в результаті якого виділяється багато газоподібних продуктів – оксиди азоту NO, N₂O, N₂O₃, NO₂, а також HCN, CO та CO₂.

Як продукт глибокого фрагментарного окиснення лігніну утворюється щавлева кислота. Карбоксильні групи, що виникають у нітролігніні, сприяє його розчиненню в лузі. Тому після впливу азотної кислоти на сировину лужна обробка є обов'язковою для перекладу нітролігніну в розчин [1].

Відомо, що при дії розведеної азотної кислоти на лігнін процес окислення носить характер ланцюгової та, можливо, радикальної реакції. Набагато меншою мірою протікають процеси нітрації, утворення складних ефірів та інших реакції електрофільного характеру.

Азотна кислота з концентрацією від 3 до 15 % активно нітрує лігнін при температурі 60–95 °С, що дозволяє вести варіння при атмосферному тиску за умови відведення газів, що утворюються. Гази, що виділяються (HCN, оксиди азоту) необхідно поглинати і, по можливості, регенерувати, перетворюючи на розчин азотистої та азотної кислот, який частково можна повернути на варіння з метою скорочення витрати свіжого реагенту. Другий варіант азотнокислого способу варіння відомий як спосіб дельбай. У цьому способі варіння здійснювалося з азотною кислотою при температурі 20 °С у горизонтальних котлах, забезпечених шнековими живильниками. Отримана маса в котлі промивалася, після чого оброблялася 1% розчином гідроксиду натрію з метою видалення слідів азотної кислоти і розчинення лігніну [1].

Хлоро–лужний спосіб отримання целюлози, як і азотокислотний, відомий давно. Основою цього методу є те, що хлор діє на лігнін з утворенням хлорлігніна, який погано розчиняється у воді, але легко розчиняється лугом. Але, перед делігніфікацією треба попередня обробка лугом, ціль якої є часткова делігніфікація. Якщо попередньо не провести стадію обробку лугом, то розчину хлору доступ до внутрішніх слоїв волокна сильно затрудняється. Тобто, стадія обробки повинна включати: попередню обробку лугом, хлорування, и це є її головним недоліком [3].

Варка органічними кислотами достатньо успішно розчиняють лігнін деревного походження. Такими кислотами є: мурашина, оцтова та масляна. Найбільше практичний інтерес викликає варіння листяної сировини оцтовою кислотою. Однак даний метод не підходить для оброблення солом'яної сировини та деревини ялини. З даними видами сировини результат не влаштовує [4].

1.4 Стан сировинної бази

Вміст целюлози у різних рослинах не однаковий (див. табл. 1.2). Найбільше целюлози міститься у деревині і соломі.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Вміст целюлози у рослинній сировині

Таблиця 1.2

Сировина	Компоненти	Вміст
1	2	3
Солома	Целюлоза	32 – 40 %
	Лігнін	15 – 25 %
	Зола	2 %
	Інші орг. реч.	3 %
	Волога	30 %
Деревина	Целюлоза	35 – 42 %
	Лігнін	20 – 30 %
	Зола	4 – 5 %
	Інші орг. реч.	3 %
	Волога	20 %
Листя	Целюлоза	15 – 20 %
	Лігнін	17 – 20 %
	Зола	4 %
	Інші орг. реч.	8 %
	Волога	70 – 80%
Тростина	Целюлоза	20 – 25 %
	Лігнін	10 – 15 %
	Зола	5 %
	Інші орг. реч.	3 %
	Волога	70 %

Більшість підприємств для отримання целюлози використовують деревину через те, що порівняно з іншими видами сировини, вона містить найбільший відсоток целюлози. Щодо тростини та листя, то технології отримання целюлози з цієї сировини має малу рентабельність і лише декілька підприємств практикує виробництво целюлози з тростини та листя.

Солома більш популярна сировинна база в країнах, де переважає степова зона, на якій вирощується сільськогосподарська продукція, продуктами якої, окрім, зерня є солома.

В Україні потенційною сировиною для отримання целюлози є деревина, листя та солома. Територія Україна розташована у степовій зоні, умови якої сприяють вирощуванню злакових культур. Урожайність пшениці та ячменю в Україні складає в середньому 800 тон, і це тільки самих зернових культур. В середньому, на одну тонну зерна припадає 400 кілограм соломи [2].

Таким чином, за один рік можна отримати що найменше 320 тис. тони соломи. Станом на 2021 рік вартість соломи становила 800 – 1100 грн/т.

Отже, потенційні виробники целюлози в Україні забезпечені сировиною з високим вмістом целюлози.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис вихідної сировини

2.1.1 Солома

В якості сировини для виробництва целюлози запропоновано використання соломи.

Солома – це сухі стебла злакових культур, які залишаються після збору урожаю. Солома має золотистий блискучий колір та гнучку структуру, але при довгому зберіганні втрачає свою еластичність, стає крихкою та пильною [2]. Вміст у соломі целюлози становить 32 – 40 %, лігніну – 15 – 25 %, отже із соломи можна отримати у достатній кількості і лігнін.

Вартість соломи у порівнянні з деревиною, відносно низька. Крім того, солома, на відміну від деревини, є швидко відновлювальним ресурсом та легше піддається подрібненню [5].

2.1.2 Вода

Вода в даному виробництві відповідає показникам ДСТУ 7525:2014 [11].

У технології виробництва целюлози вода використовується для промивання соломи від пилу та інших забруднюючих речовин, для приготування розчинів луку для стадії делігніфікації і розчинну сульфатної кислоти для стадії отримання гідроцелюлози, а також для промивання целюлозної маси після делігніфікації та гідролізу від залишків гідроксиду натрія та сульфатної кислоти. Вода також використовується в сорочках реакторів як теплоносій. Вода потрапляє на виробництво від системи водопостачання.

2.1.3 Сульфатна кислота

Сульфатна кислота у водному розчині використовується у технології отримання целюлози як каталізатор процесів неглибокого гідролізу

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.020.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Павлюковець Д.Ю.</i>			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ковальова С.О.</i>					20	
Консультант		<i>Житнецький І.В.</i>				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Н. Контр.		<i>Подобій О.В.</i>						
Затверд.		<i>Носенко Т.Т.</i>						

полісахариду з метою перетворення його на гідроцелюлозу [13] і як нейтралізуючий агент на стадії відновлення фенольної форми лігніну.

Характеристика сульфатної кислоти

Таблиця 2.1

Назва 1	Характеристика 2
Хімічна формула	H ₂ SO ₄
Фізичні властивості	Безбарвна рідина з високою в'язкістю, при великій концентрації димить на відкритому повітрі.
Молекулярна маса	98 а.о.
Температура плавлення	10,31 °С
Температура кипіння	279,6 °С
Густина	1,8305 (20°С, г/см ³)

На підприємство постачається сульфатна кислота концентрацією 10%. Сульфатна кислота даної концентрації не відноситься до прекурсорів та вона є у вільному доступі.

Далі на підприємстві його розбавляють до концентрації 0,5 та 10 % і при таких концентраціях його використовують на підприємстві.

2.1.5 Гідроксид натрію

Гідроксид натрію (NaOH) у водному розчині використовується у виробництві на стадії делігніфікації сировини. [1].

Характеристика натрій гідроксиду

Таблиця 2.2

Назва 1	Характеристики 2
Хімічна формула	NaOH
Фізичні властивості	Кристали, білого кольору, добре розчинні у воді
pH 1%-го водного розчину	13,4
Молекулярна маса	40 а.о.
Температура плавлення	323 °С
Температура кипіння	1402 °С
Густина	2,1 г/см ³

Гідроксид натрію це безбарвна гігроскопічна речовина, добре розчиняється у воді з виділенням значної кількості теплоти. Гідроксид натрію за хімічною природою є основою, поглинає вуглекислий газ з повітря, перетворюючись на карбонат і гідрокарбонат натрію.

Гідроксид натрію відноситься до агресивних і небезпечних речовин, залишає опіки на шкірі, дуже небезпечний для рогівки ока, отже потребує обережного поводження.

На підприємство постачається гідроксид натрію у вигляді гранул, які слід зберігати у щільно закритій тарі.

2.2 Опис принципово–технологічної схеми виробництва целюлози

Технологічна схема виробництва целюлози складається з таких послідовних стадій:

1. Подрібнення
2. Волога очистка
3. Делігніфікація
4. Охолодження
5. Промивання
6. Відділення
7. Гідроліз
8. Охолодження
9. Промивання
10. Відділення
11. Сушіння
12. Просіювання

Також у даній технології отримуємо лігнін, який складається з наступних стадій:

1. Відновлення
2. Осадження
3. Промивання

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		22

4. Сушіння

Стадії виробництва целюлози:

Подрібнення

Вихідна сировина (солома) надходить на підприємство від постачальників у вигляді пресованих тюків, яка не має у своєму складі засорюючих трав.

З складу солома потрапляє до подрібнювача соломи, де піддається подрібненню ножами, швидкість обертів яких 250–300 об/хв, до довжини 10–15 мм. У своїй конструкції подрібнювач має металеву сітку, через яку проходить дрібна солома, довжиною до 20 мм. Солома, яка не має задовільну ступінь подрібнення, не проходить через сітку та залишається у подрібнювачі, де з наступною партією соломи проходить повторну процедуру подрібнення.

Загальний час стадії: 20 хвилин.

Волога очистка

Після подрібнення, подрібнена солома, на стрічковому транспортері, подається до резервуару, завантажується та заливається водою, яку перекачує відцентровий насос. На дні розташований гвинт, який обертається зі швидкістю 25–35 об/хв для запобігання осадження соломи та забезпечує постійний рух води, тим самим ефективно промивати солону від пилу. Далі, воду з соломою вивантажують через патрубок на стрічковий транспортер з сітчастою стрічкою, тим самим вода з пилом зливається до нижнього резервуару, де вона поступає на очищення та повертається у виробництво, а солома транспортується на наступну стадію.

Стадія триває 25–30 хвилин.

Делігніфікація

Після вологої очистки, подрібнена та очищена солома подається у котел, куди через патрубок додають розчин гідроксиду натрію концентрацією 1%. Котел герметично закривається, у теплообмінну сорочку подається гаряча пара, яка нагріває розчин у котлі до 160–165°C. Мішалка у апараті обертається

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

з швидкістю 30 об/хв. За допомогою мішалки даний процес відбувається швидше та інтенсивніше.

Процес триває 2 години при тиску 0,8–1,0 МПа.

Охолодження

По закінченню процесу делігніфікації, у теплообмінну сорочку подається вода температурою 20°C та охолоджує розчин у реакторі до температури 50–60°C. Після охолодження розчин з залишками гідроксиду натрію та лігніном поршневим насосом перекачується до центрифуги.

Процес триває 40 хвилин.

Промивання

Після охолодження, делігніфікована солома з розчином подається до промивної центрифуги за допомогою поршневого насоса. Солома подається до центрифуги та відкачується розчин з залишками лігніну та луку, далі подають воду, та на невеликих обертах вона промивається від залишків гідроксиду натрію та розчиненого лігніну протягом 5 хвилин, вода при цьому самовільно зливається у резервуар.

Центрифугування

По закінченню промивання, збільшують оберти на центрифугі до 500 об/хв. Після зупинення центрифуги промита делігніфікована солома вивантажується з центрифуги на стрічковий транспортер. Водний розчин з залишками гідроксиду натрію та лігніном відправляють на утилізацію.

Загальний час стадії: 25 хвилин.

Гідроліз

На наступній стадії, промита целюлоза транспортується стрічковим транспортером до накопичувальної ємності та за допомогою шнекового транспортера потрапляє у котел. Після завантаження закачується 0,5%–й розчин сульфатної кислоти. Котел герметично закривається, у нагрівну сорочку подається гаряча пара та нагріває розчин до температури 130–140°C. Процес триває 2 години при тиску 0,6–0,8 МПа.

Загальна тривалість процесу: 160 хвилин.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Охолодження

По закінченню процесу гідролізу, у теплообмінну сорочку подається вода температурою 20°C та охолоджує розчин у реакторі до температури 50–60°C. Після охолодження розчин з целюлозою та залишками сульфатної кислоти поршневим насосом перекачується до центрифуги.

Процес триває 40 хвилин.

Промивання

Після охолодження, гідролізована целюлоза з розчином подається до промивної центрифуги за допомогою поршневого насоса. Целюлоза подається до центрифуги та відкачується розчин з залишками сульфатної кислоти, далі подають промивну воду, та на невеликих обертах вона промивається від залишків сульфатної кислоти протягом 5 хвилин, вода при цьому самовільно зливається у резервуар.

Центрифугування

По закінченню промивання, збільшують оберти на центрифугі до 500 об/хв. Після зупинення центрифуги промита гідролізована целюлоза вивантажується з центрифуги на стрічковий транспортер. Водний розчин з залишками сульфатної кислоти відправляють на утилізацію.

Загальний час стадії: 25 хвилин.

Сушіння

На даній стадії гідролізована целюлоза подається стрічковим транспортером до накопичувальної ємності, де за допомогою шнекового транспортера рівномірно подається до дворівневого стрічкового сушильного апарату. Волога целюлоза потрапляє на стрічку, яка виготовлена з тканини та обдувається гарячим повітрям температури 130–140 градусів.

Стадія триває 20 хвилин.

Просіювання

Дана операція проходить з метою відсіювання від цільового продукту залишки соломи, які не пройшли попередні етапи виробництва та небажаних забруднень, які могли потрапити разом з сировиною.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Висушена та гідролізована целюлоза подається на грохот, який має три рівня сітки з різними діаметрами отворів та завдяки постійної механічної дії на сітки вони приводяться в рух, завдяки чому продукт проходить через сітки. Небажані забруднення не проходять через сітки та відправляються у збирач.

Стадія триває 10 хвилин.

Стадії отримання лігніну:

Відновлення лігніну

На цю стадію у відстійник транспортується водний розчин з лігніном і гідроксидом натрію зі стадії промивання. Після наповнення апарату, у нього закачується розчин сульфатної кислоти 10% для відновлення природньої структури лігніну. За допомогою скребка, швидкість обертання якого 10 об/хв, розчин переміщується протягом 20 хвилин.

Осадження лігніну

Дана стадія відбувається у тому ж апараті, що й попередня стадія. Скребок зупиняє свій рух, що з часом приводить рідину у стан спокою. Лігнін, при температурі, починаючи з 30 градусів, починає осаджуватись на дні відстійника. Час осідання лігніну складає одну годину. По завершенню осідання відкачується водний розчин, в якому міститься сульфат натрію, та зливається у каналізацію. Осад знімається шкребком.

Промивання лігніну

Осад, отриманий на попередній стадії, транспортується до стрічкового вакуум-фільтру, який промивається водою та в той же час, після промивання, за допомогою вакууму відкачується вода, яка зливається до збірника на нейтралізацію. Час протікання стадії: до 20-ти хвилин.

Сушіння лігніну

Промитий осад потрапляє до бункеру вальцово-стрічкової сушарки, яка рівномірно розкатує матеріал по стрічці та обробляє його потоком гарячого повітря. Після сушіння продукт потрапляє до бункеру та відправляється на склад. Стадія триває 30 хвилин.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

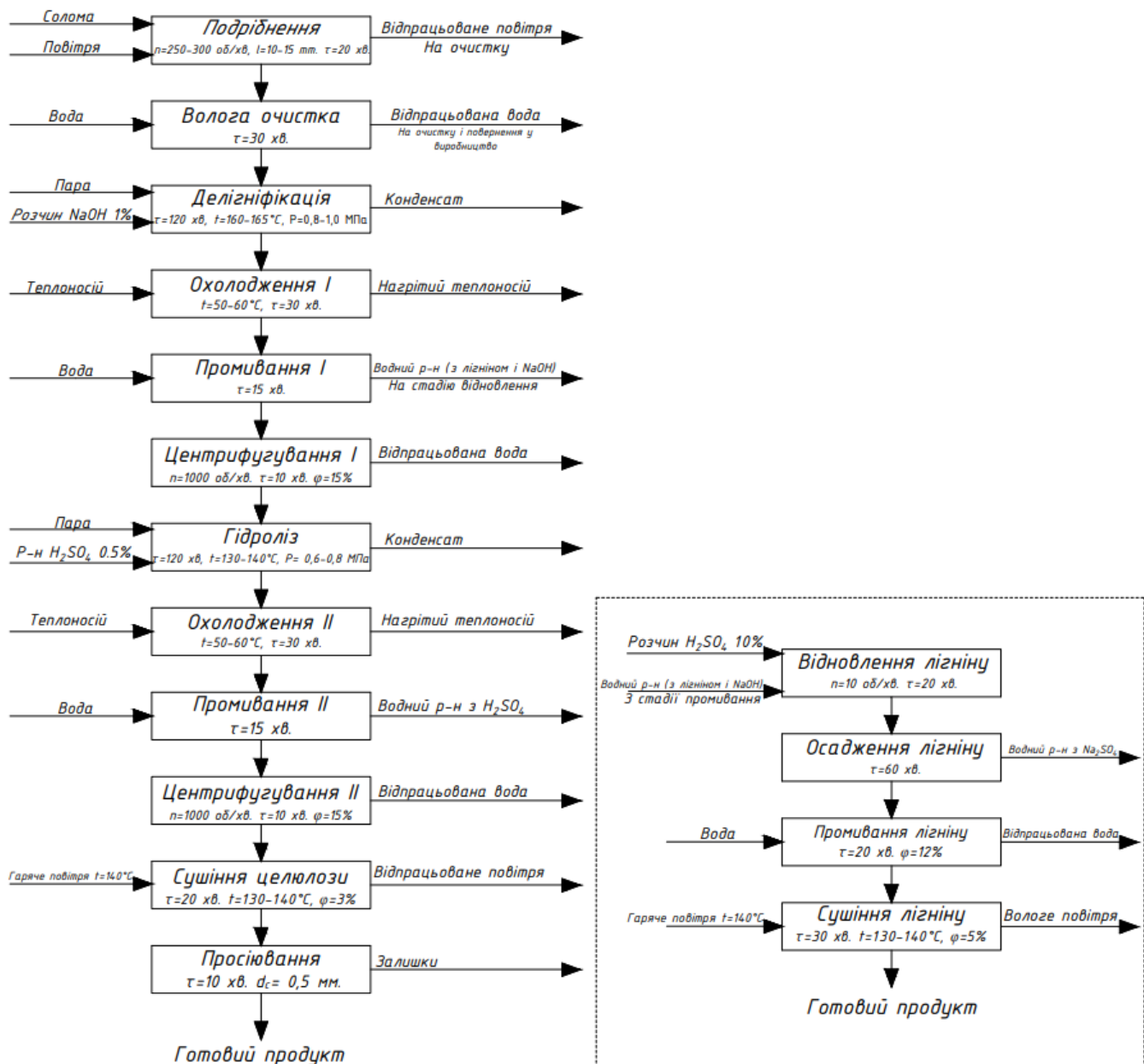


Рис. 2.1 Принципова технологічна схема виробництва целюлози та лігніну

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

2.3 Розрахунки матеріального балансу

Матеріальний баланс розраховується, орієнтуючий на закон збереження маси, а саме, маса вихідних продуктів буде дорівнювати масі вихідного продукту. При розрахуванні балансу, треба брати до уваги масу всіх компонентів, що входять на певний етап та масу всіх компонентів, що отримуємо після завершення процесу. Сума компонентів, що надходить, має дорівнювати сумі всіх витрат, незалежно від складових продукту при входу та відведенні, та незалежно від того, які зміни відбувались у продукті [31].

$$\sum G_{\text{вихідної}} = \sum G_{\text{кінцевої}}$$

$\sum G_{\text{вихідної}}$ – сума маси вихідної продукції процесу

$\sum G_{\text{кінцевої}}$ – сума маси кінцевої продукції процесу

Вихідні данні для розрахунку:

Продуктивність: $P = 1000$ кг вихідної продукції / добу.

Подрібнення

На стадії подрібнення солома подрібнюється до довжини 10 – 15мм.

Таблиця 2.3

Матеріальний баланс на стадії подрібнення

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Подрібнена солома	4650	Подрібнена солома	4631,40
		Втрати	18,60
Всього	4650,00	Всього	4650,00

Волога очистка

Для промивки подрібненої соломи використовують воду у співвідношенні 1:4

$$M_{\text{соломи}} : M_{\text{води}} = 1 : 4$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

На виході з стадії ми отримуємо вологу солому з 25%–м вмістом води.

Таблиця 2.4

Матеріальний баланс стадії вологої очистки

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Подрібнена солома	4631,40	Мокра подрібнена солома	5576,26
		1. Подрібнена солома	4461,01
		2. Вода	1115,25
Вода	18525,60	Зливна вода	17580,74
		1. Вода	17410,35
		2. Пил	138,94
		Втрати	31,45
Всього	23157,00	Всього	23157,00

Стадія делігніфікації

Співвідношення промитої соломи та розчину натрію гідроксиду складає 1:3

$$M_{\text{пром.соломи}} : M_{\text{р-ну NaOH}} = 1 : 3$$

$M_{\text{пром.соломи}}$ – маса промитої соломи, кг.

$M_{\text{р-ну NaOH}}$ – маса розчину гідроксиду натрію 1%–го, кг.

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс стадії делігніфікації

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Мокра подрібнена солома	5576,26	Мокра подрібнена солома	4698,93
1. Подрібнена солома	4461,01	1. Подрібнена солома	3525,20
2. Вода	1115,25	2. Вода	1174,73

Продовження таблиці 2.5

Розчин лугу 1%	16896,08	Розчин лугу	17773,41
1. NaOH	167,29	1. NaOH	167,29
2. Вода	16728,79	2. Вода	16669,31
		3. Лігнін	936,81
		Втрати	0
Всього	22472,34	Всього	22472,34

Стадія охолодження

Стадія охолодження проходить у тому ж обладнанні, що і стадія делігніфікації.

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс стадії охолодження

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Мокра подрібнена солома	4698,93	Мокра подрібнена солома	4684,83
1. Подрібнена солома	3524,20	1. Подрібнена солома	3513,63
2. Вода	1174,73	2. Вода	1171,21
Розчин лугу	16896,08	Розчин лугу	17787,51
1. NaOH	167,29	1. NaOH	167,29
2. Вода	16672,83	2. Вода	16672,83
3. Лігнін	936,81	3. Лігнін	936,81
		Втрати	10,57
Всього	22472,34	Всього	22472,34

Стадія промивання

На цій стадії солома позбувається від залишків гідроксиду натрію та лігніну, після стадії вміст води у целюлозі складає 15%.

Таблиця 2.7

Матеріальний баланс стадії промивання

Входить	Виходить
---------	----------

1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Мокра подрібнена сировина	4684,83	Волога подрібнена целюлоза	4125,41
1. Подрібнена солома	3513,63	1. Подрібнена солома	3506,60
2. Вода	1171,21	2. Вода	618,81
Розчин лугу	17776,93	Маточний розчин	18336,36
1. NaOH	167,29	1. NaOH	167,29
2. Вода	16672,83	2. Вода	17225,23
3. Лігнін	936,81	3. Лігнін	936,81
		Втрати	7,03
Всього	22461,77	Всього	22461,77

Стадія гідролізу

На даній стадії співвідношення промитої подрібненої целюлози та розчину сульфатної кислоти 0,5%–й складає 1:5

$$M_{\text{пром.подр.соломи}} : M_{\text{р-ну к-ти}} = 1 : 5$$

$M_{\text{пром.подр.соломи}}$ – маса подрібненої промитої соломи, кг.

$M_{\text{р-ну к-ти}}$ – маса розчину сульфатної кислоти 0,5%–го, кг.

Таблиця 2.8

Матеріальний баланс стадії гідролізу

Входить		Виходить	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Волога подрібнена солома	4125,41	Суспензія подрібненої соломи і целюлози у воді	24752,46
1. Подрібнена солома	3506,60	1. Залишки	2527,70
2. Вода	618,81	2. Целюлоза	978,90
		3. Вода	21142,73
Розчин H ₂ SO ₄	20627,05	4. H ₂ SO ₄	103,14
1. H ₂ SO ₄	103,14		
2. Вода	20523,92	Втрати	2,95
Всього	24752,46	Всього	24752,46

Стадія промивання

На цій стадії гідролізована солома позбувається від залишків сульфатної кислоти, після стадії вміст води у целюлозі складає 15%.

Таблиця 2.9

Матеріальний баланс стадії промивання від залишків

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Суспензія целюлози у водному розчині	24752,46	Волога целюлоза	4121,96
1. Залишки	2527,70	1. Целюлоза	
2. Целюлоза	978,90	2. Вода	975,97
3. Вода	21142,73	3. Залишки	618,29
4. Сульфатна кислота	103,14		2527,70
		Маточний р-н	20627,57
		1. Вода	20524,43
		2. Сульфатна кислота	103,14
		Втрати	2,94
Всього	24752,46	Всього	24752,46

Стадія сушіння

Після висушування целюлози її вологість складає 3%.

Таблиця 2.10

Матеріальний баланс стадії сушіння

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Волога целюлоза	4121,96	Висушена целюлоза	3531,83
1. Целюлоза	975,97	1. Целюлоза	974,01
2. Вода	618,29	2. Вода	30,12
3. Залишки	2527,70	3. Залишки	2527,70
		Водяна пара	588,17
		Втрати	1,95
Всього	4121,96	Всього	4121,96

Стадія просіювання

На цій стадії відділяється гідролізована целюлоза від негідролізованої. Кількість негідролізованої целюлози складає 65%.

Матеріальний баланс стадії просіювання

Таблиця 2.11

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Висушена целюлоза	3531,83	Целюлоза суха просіяна	1001,22
1. Целюлоза	974,01	1. Целюлоза	971,09
2. Вода	30,12	2. Вода	30,12
3. Залишки	2527,27	Залишки	2527,70
		Втрати	2,92
Всього	3531,83	Всього	3531,83

Матеріальний баланс стадії відновлення лігніну

Завдяки цієї стадії відбувається осадження лігніну, зменшуючи його розчинність у воді.

Таблиця 2.12

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Р-н лугу та лігніну	17773,41	Р-н з лігніном та натрій сульфат	18689,31
Складається з:		Складається з:	
1. NaOH	167,29	1. Натрій сульфат	250,93
2. Вода	16669,31	2. Вода	17501,57
3. Лігнін	936,81	3. Лігнін	936,81
Р-н сульфатної кислоти	915,90		
Складається з:		Втрати	0
1. Вода	832,26		
2. Сульфатна к-та	83,64		
Всього	18689,31	Всього	18689,31

Матеріальний баланс стадії осадження лігніну

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.13

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Р-н з лігніном та натрій сульфат Складається з: 1. Натрій сульфат 2. Вода 3. Лігнін	18689,31	Вологий лігнін	4447,80
	250,93	Складається з: 1. Лігнін	934,94
	17501,57	2. Вода	3500,31
	936,81	3. Натрій сульфат	12,55
		Р-н води з Na ₂ SO ₄	14239,64
		Складається з: 1. Вода	14001,25
		2. Натрій сульфат	238,39
		Втрати	1,87
Всього	18639,31	Всього	18639,31

Матеріальний баланс стадії промивання лігніну

Стадія потрібна для промивання лігніну від залишків натрію сульфат.

Таблиця 2.14

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Вологий лігнін	4447,80	Промитий лігнін	1036,66
Складається з: 1. Лігнін 2. Вода 3. Натрій сульфат	934,94	Складається з: 1. Лігнін	925,59
	3500,31	2. Вода	111,07
	12,55	Залишки води та Na ₂ SO ₄	3401,79
		Складається з: 1. Натрій сульфат	12,55
		2. Вода	3389,24
		Втрати	9,35
Всього	4447,80	Всього	4447,80

Матеріальний баланс стадії сушіння лігніну

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після сушіння вологість лігніну складає 7,4%.

Таблиця 2.15

Входить		Виходить	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Промитий лігнін	1036,66	Висушений лігнін	997,64
Складається з:		Складається з:	
1. Лігнін	925,59	1. Лігнін	923,74
2. Вода	111,07	2. Вода	73,90
		Водяна пара	37,17
		Втрати	1,85
Всього	1036,66	Всього	1036,66

Загальна таблиця матеріального балансу виробництва целюлози та лігніну

Таблиця 2.16

Прихід		Вихід	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Солома	4650	Відходи від соломи	2683,61
Вода	18525,60	Лігнін	923,74
Розчин NaOH 1% який складається з:	16896,08	Целюлоза	1001,22
Вода	16728,79		
NaOH	167,29		
Розчин H ₂ SO ₄ 0,5% який складається з:	20627,05	Відпрацьована вода	35461,31
Вода	20523,92		
H ₂ SO ₄	103,14		
Розчин H ₂ SO ₄ 10% який складається з:	915,90	Натрій сульфат	250,93
Вода	823,26		
H ₂ SO ₄	83,64		
		Відпрацьований розчин H ₂ SO ₄ 0,5% який складається з:	20627,05
		Вода	20523,92
		H ₂ SO ₄	103,14
		Водяна пара	625,34
		Втрати:	
		Целюлози	28,36
		Лігніну	13,07
Всього:	61614,63	Всього:	61614,63

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

35

2.4 Тепловий розрахунок

Вихідні данні:

Маса сирого продукту: 1001,22 кг.

Початкова вологість целюлози ($x_{1ц}$): 15%

Кінцева вологість целюлози ($x_{2ц}$): 3%

Задача: визначити кількість енергії, яка була витрачена на процес сушіння

Розрахунок:

Розраховуємо витрату тепла на нагрів абсолютно сухої целюлози до температури сушіння:

$$Q_1 = G_1 \cdot 1,34 \cdot (t_2 - t_1)$$

G_1 – маса абсолютно сухого волокна, кг

1,34 – теплоємність сухої целюлози кДж/(кг * °С)

t_1 – температура целюлози перед сушінням

t_2 – середня температура сушіння

$$Q_1 = 998,91 \cdot 1,34 \cdot (125 - 20) = 140\,546,64 \text{ кДж}$$

Розраховуємо витрату тепла, на нагрівання води, яка міститься у матеріалі до сушіння

$$Q_2 = W_1 \cdot 4,19 \cdot (t_2 - t_1)$$

W_1 – вміст води у целюлозі перед сушінням, кг

4,19 – теплоємність води, кДж

t_1 і t_2 – ті самі значення, що у попередній формулі

$$Q_2 = 599,35 \cdot 4,19 \cdot (125 - 20) = 263\,684,03 \text{ кДж}$$

Розраховуємо витрату тепла на випаровування вологи

$$Q_3 = W \cdot r$$

W – маса випарованої вологи, кг

r – це теплота випаровування води (2258 кДж/кг)

$$Q_3 = 30 \cdot 2258 = 67\,740 \text{ кДж}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Розраховуємо теоретичні витрати тепла на сушіння целюлози

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 471\,970,67 \text{ кДж}$$

Розраховуємо витрати повітря

$$L = \frac{W}{x_{1ц} - x_{2ц}}$$

W – маса випаруваної вологи, кг

$x_{1ц}$ та $x_{2ц}$ – це початкова та кінцева вологість целюлози

$$L = \frac{30}{0,15 - 0,03} = 250 \text{ кг}$$

Розраховуємо тепло, затрачене на нагрівання повітря

$$Q_4 = L \cdot (1 + 1,93 \cdot x_1) \cdot (t_2 - t_1)$$

L – кількість повітря, кг

1 – теплоємність сухого повітря, кДж/(кг·°C)

x_1 – початковий вологовміст повітря, кг

t_1 – початкова температура повітря, °C

t_2 – кінцева температура повітря, °C

$$Q_4 = 1\,625,9 \cdot (1 + 1,93 \cdot 0,6) \cdot (130 - 20) = 385\,956,14 \text{ кДж}$$

Розраховуємо втрати тепла у процесі сушіння

Беремо втрати енергії 20%

$$Q_5 = (Q_0 + Q_4) \cdot 0,2 = 420\,899,78 \text{ кДж}$$

Розраховуємо загальну витрату тепла на сушіння целюлози

$$Q = Q_0 + Q_4 + Q_5$$

$$Q = 1\,718\,544,73 + 385\,956,14 + 420\,899,78 = 827\,870,42 \text{ кДж}$$

Загалом кількість енергії витраченої на процес сушіння: $0,83 \cdot 10^6$ кДж

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2.5 Підбір технологічного обладнання

Подрібнювач соломи – це апарат, який використовується для механічного подрібнення соломи.

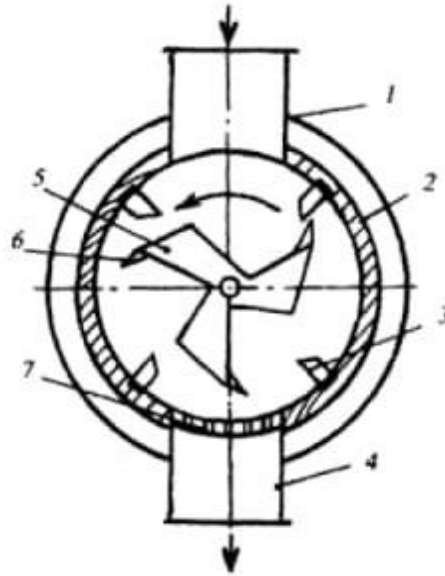


Рис. 2.2 Схема подрібнювача

1 – патрубок введення сировини, 2 – корпус, 3 – нерухомі ножі, 4 – патрубок вивантаження, 5 – ротор, 6 – ножі

Солома потрапляє до апарату, де піддається механічному подрібненню за допомогою ножа, який закріплений до ротора. Солома, яка не отримала задовільну ступінь подрібнення не проходить через сітку, яка розташована на дні ємності, і залишається у апараті [18].

Ємність для промивки соломи – це ємність, в якій проходить стадія очистки за допомогою води від пилу.

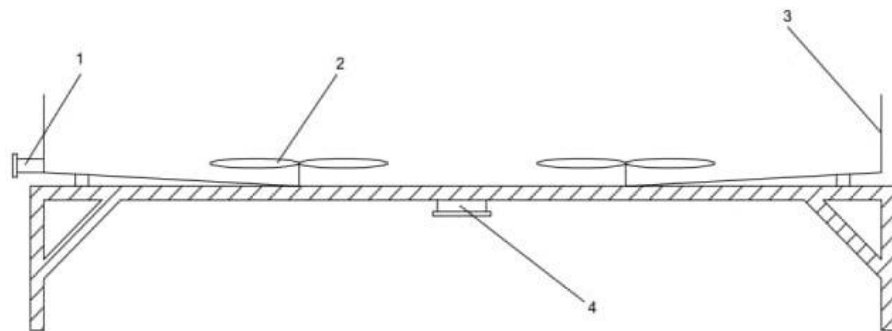


Рис. 2.3 Промивач соломи

1 – патрубок для подачі води, 2 – гвинт, 3 – корпус, 4 – вивантажувальний патрубок.

Цей апарат використовується для позбавлення соломи від небажаного пилу, який заважатиме у процесі виробництва. Апарат має два гвинти, які постійно перемішують суспензію для запобігання осадження соломи та забезпечує ефективне промивання.

Після промивання відкривають вивантажувальний патрубок та зливають весь об'єм.

Реактор – це апарат, в якому процеси проходять під високим тиском і температурою.

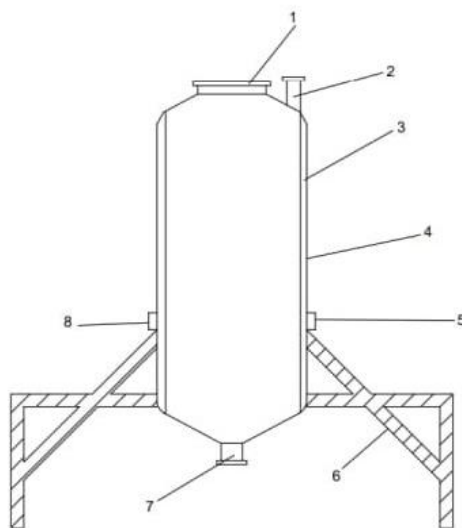


Рис. 2.4 Реактор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1 – завантажувальний патрубок, 2 – патрубок для рідини, 3 – теплообмінна сорочка, 4 – корпус, 5 – вихідний патрубок для пари, 6 – станина, 7 – вивантажувальний патрубок, 8 – вхідний патрубок для пари

Сировина потрапляє через завантажувальний патрубок, розчин заливається через патрубок 2. Позиція 8 – це вхід пари у теплообмінну сорочку, а 5 – це її вихід [19].

Повітряний насос – це апарат, який забезпечує потік повітря у соломорізці для засмоктування пилу і подальшому направленні його у циклон.

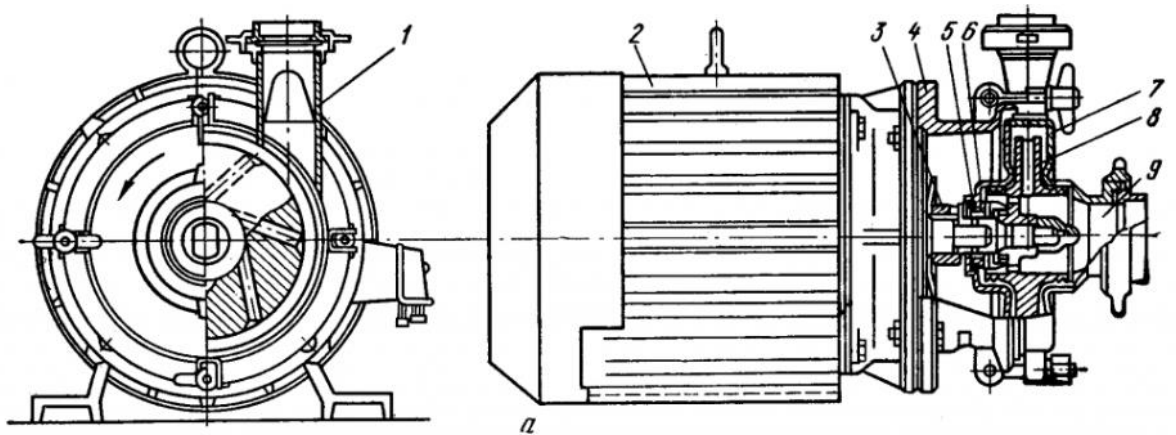


Рис. 2.5 Повітряний насос

1 – нагнітальний патрубок, 2 – електродвигун, 3 – насадка, 4 – кронштейн, 5 – торцеве ущільнення, 6 – сальник, 7 – корпус, 8 – робоче колесо, 9 – засмоктувальний патрубок.

Циклон – це апарат, який здійснює відділення від повітря пилу на осаджує його.

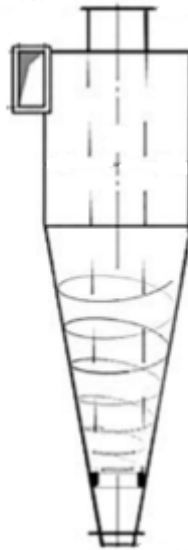


Рис. 2.6 Циклон

Центрифуга ФГН-2001К-01 – це апарат, який призначений для промивання сировини та відведення лишньої вологи з неї.

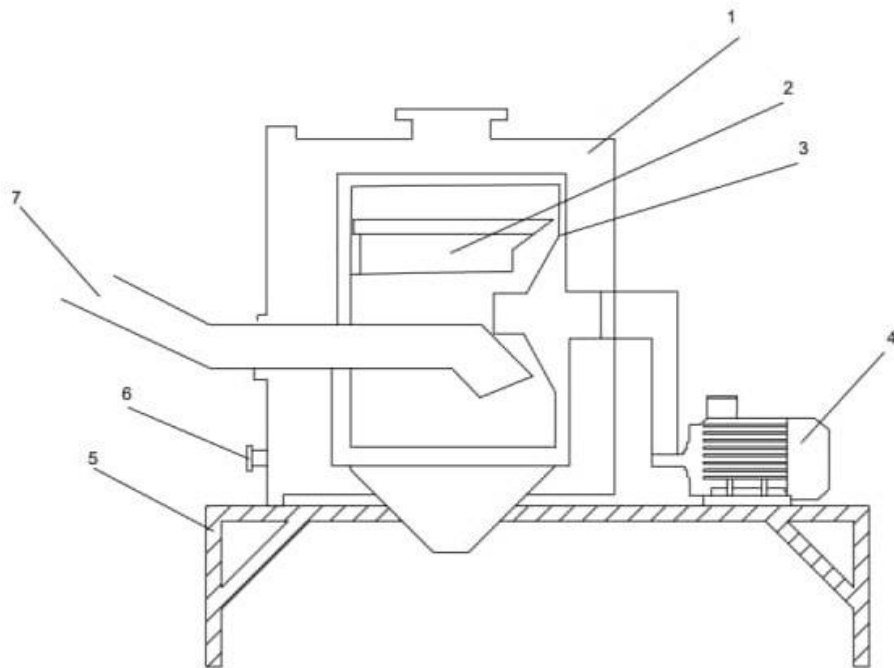


Рис. 2.7 Центрифуга

1 – корпус, 2 – ніж, 3 – барабан, 4 – електродвигун, 5 – станина, 6 – патрубок для відведення рідини, 7 – завантажувальний патрубок.

Центрифугуванням називають процес розділення суспензії за допомогою відцентрових сил. Це відбувається в основній частині центрифуги – в барабані, який обертається з високою швидкістю [18].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Грохот СМД-25 призначення для розділення сипких матеріалів за розміром.

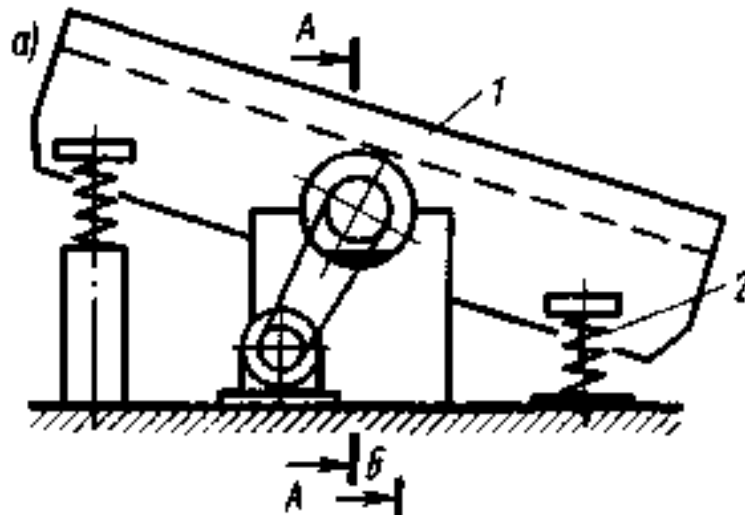


Рис. 2.8 Грохот

1 – сітка, 2 – опора

У виробництві його використовують для розділення гідролізованої та негідролізованої целюлози за рахунок розміру отворів в сітці. Суміш потрапляє на сітку, падає на неї, гідролізована целюлоза, яка має менший розмір, проходить через ці отвори, а негідролізована не проходить через них. Таким чином і відбувається розділення [20].

Дворівнева тунельна сушарка SCHULZE використовується для сушіння вологого матеріалу, шляхом проходження гарячого повітря через матеріал [23].

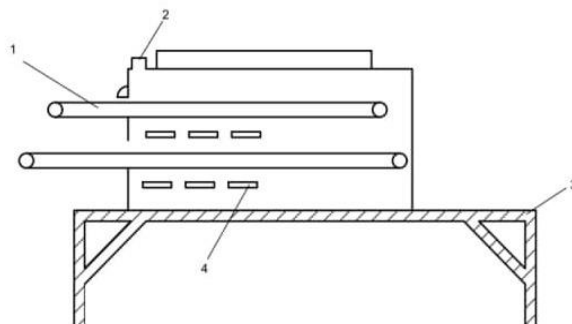


Рис. 2.9 Сушильна установка

1 – стрічка, 2 – патрубок для відгону повітря, 3 – станина, 4 – вікна для подачі гарячого повітря [1].

Поршневий насос застосовується для перекачування суспензії. Під час руху поршня порожнина циліндра заповнюється рідиною, яка поступає з відкритого клапану, при досягненні нижньої точки клапан, з якого поступала рідина, закривається. Після цього відкривається вивідний клапан та поршень починає опускатися, тим самим виштовхуючи рідину під тиском [25].

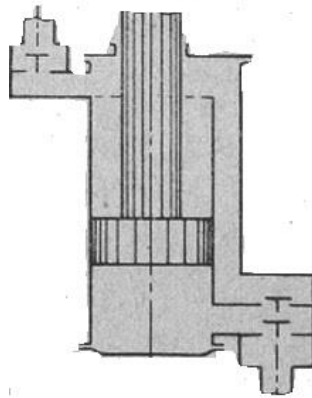


Рис. 2.10 Поршневий насос

Відцентровий насос використовують для перекачування води. Вода транспортується завдяки лопатей, які закріплені на осі. Рідина потрапляє у простір між пластинами, завдяки відцентровій силі переміщається до периферії колеса і виштовхується [25].

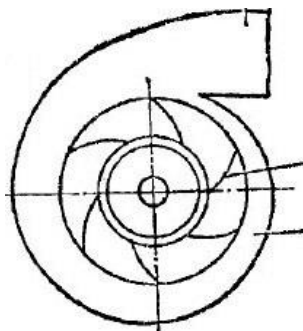


Рис. 2.11 Відцентровий насос

Вальцово–стрічкова сушарка застосовується для висушування лігніну на фінішній стадії виробництва.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

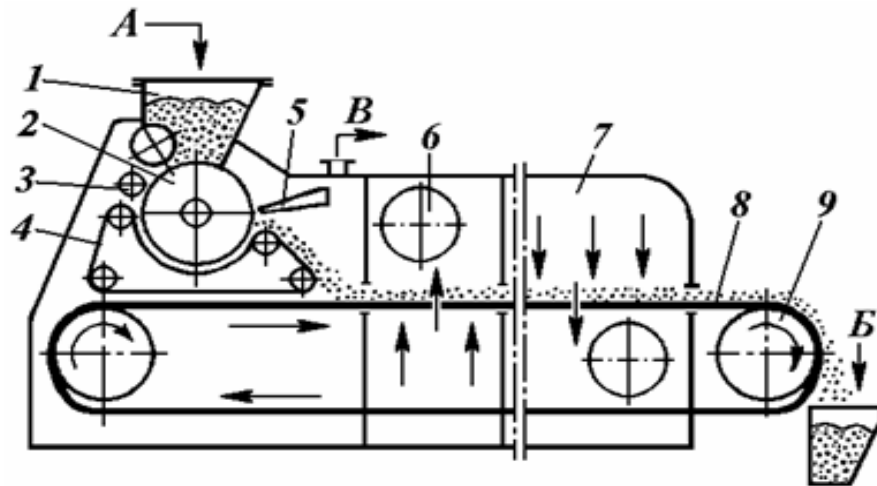


Рис. 2.12. Вальцово-стрічкова сушарка.

1 – бункер завантажувальний; 2 – формуючий барабан; 3 – притискний валик; 4 – притискна стрічка; 5 – гребінчастий ніж; 6 – вентилятор; 7 – корпус камерної стрічкової сушарки; 8 – стрічка транспортерна; 9 – ролик ведучий;
Потоки: А – вологий матеріал; Б – висушений продукт; В – пароповітряна суміш

Відстійник використовується для того, щоб з розчину осадити лігнін та зняти його, також в цьому апараті відбувається нейтралізація гідроксиду натрію [24].

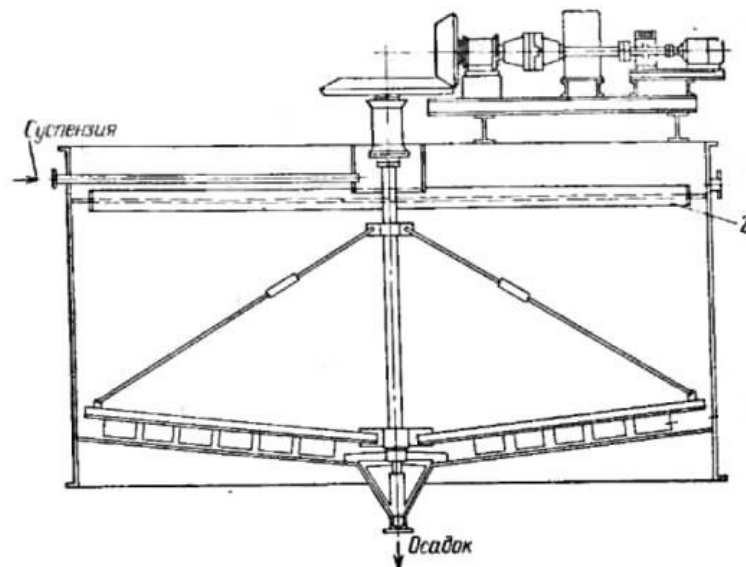


Рис. 2.13 Відстійник

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.16

Технологічне обладнання процесу виробництва

№	Назва	Марка	Продуктивність	К-сть
1	2	3	4	5
1	Подрібнювач соломи	-	1,5 т/год.	1
2	Ємність для промивання	-	1 т/год.	1
3	Котел	УПЭС	1,2 т/год	2
4	Центрифуга	ФГН-2001К-01	1 т/год.	2
5	Грохот	КМД-25	1 т/год	1
6	Сушильна установка	KN75 200 U-2	150 кг/год.	1
7	Електродвигун	-	-	4
8	Стрічковий транспортер	КЛЖ-18	-	6
9	Шнековий транспортер	LS160	-	5
10	Поршневий насос	DVP ZA.60S	-	1
11	Відцентровий насос	IR4P40-125A	-	2
12	Відстійник	ОРС-10	1 т/год	1
13	Стрічковий вакуум-фільтр	Лсх 10-1,4К	450 кг/год	1
14	Вальцово-стрічкова сушарка	УСПК	200 кг/год.	1

2.6 Конструктивний розрахунок реактора з мішалкою

Дано:

$$\rho = 1900 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 0,007$$

Розміри апарату:

- Висока робочого об'єму $H = 5700$ мм.
- Площа поверхні теплообміну $F_p = 70 \text{ м}^2$
- Діаметр валу мішалки $d_b = 100$ мм.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- Внутрішній діаметр $D = 1700$ мм.

Еліптичне днище:

- Внутрішній діаметр $D = 1700$ мм.
- Висота відбортовки $h_1 = 20$ мм.
- Висота еліптичної частини $H_{\text{ел.част.}} = 180$ мм.
- Внутрішня поверхня днища $F_{\text{ел.}} = 2,6$ м²
- Ємність днища $V_{\text{днища}} = 1,2$ м³

Продуктивність одного завантаження:

$$V_{\text{зав.}} = 8,4 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{утвор.}} = 8,8 \text{ м}^3$$

$V_{\text{н}} = 12$ м³, який заповнюється на 0,75 від його об'єму

$$V_{\text{робочий}} = 12 \cdot 0,75 = 9 \text{ м}^3$$

Кількість реакторів:

$$n = \frac{V_{\text{зав.}}}{V_{\text{робочий}}} \quad (2.1)$$

$$n = \frac{8,4}{8,8} = 0,954 \quad (2.2)$$

Отже, необхідна кількість реакторів: 1

Об'єм речовини в циліндричній частині реактора

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{робочий}} - V_{\text{днища}} \quad (2.3)$$

$$V_{\text{ц}} = 9 - 1,2 = 7,8 \text{ м}^3 \quad (2.4)$$

Висота рідини в циліндричній частині:

$$H_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{R_{\text{вн.}}^2 \cdot \pi} \quad (2.5)$$

$$H_{\text{ц}} = \frac{7,8}{0,85^2 \cdot \pi} = 3,43 \text{ м.} \quad (2.6)$$

Загальна висота рідини:

$$H_{\text{р}} = H_{\text{ц}} + h_1 + H_{\text{ел.част.}} \quad (2.7)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$H_p = 3,43 + 0,02 + 0,18 = 3,64 \text{ м.} \quad (2.8)$$

Висота мішалки:

$$h = H \cdot 0,6 \quad (2.9)$$

$$h = 5700 \cdot 0,6 = 3420 \text{ мм.} \quad (2.10)$$

Діаметр мішалки:

$$d = \frac{D}{d_k} \quad (2.11)$$

$$d = \frac{1700}{1,3} = 1300 \text{ мм.} \quad (2.12)$$

d_k беремо в діапазоні 1,05 – 1,3 мм.

Ширина лопаті:

$$b = 0,07 \cdot d \quad (2.13)$$

$$b = 0,07 \cdot 1300 = 91 \text{ мм.} \quad (2.14)$$

Радіус нижньої частини мішалки:

$$R = 0,82 \cdot d \quad (2.15)$$

$$R = 0,82 \cdot 730 = 1000 \text{ мм.} \quad (2.16)$$

Швидкість обертання рамної мішалки: $W = 1 \text{ м/с}$

Частота обертання мішалки:

$$n = \frac{W}{\pi \cdot d} \quad (2.17)$$

$$n = \frac{1}{3,14 \cdot 1,3} = 0,3 \text{ с}^{-1} \quad (2.18)$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \quad (2.19)$$

$$Re = \frac{0,3 \cdot 1,3^2 \cdot 1900}{0,007} = 137614 \quad (2.20)$$

Потужність рамної мішалки:

$$K_n = 12 \cdot Re^{0,77} \cdot \left(\frac{h}{d}\right) \quad (2.21)$$

$$K_n = 12 \cdot 137614^{0.77} \cdot \left(\frac{3420}{1300}\right) = 285781 \text{ Вт} \quad (2.22)$$

Енергія, яка витрачається на перемішування:

$$N = K_n \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 \quad (2.23)$$

$$N = 285781 \cdot 0.007 \cdot 0.4^2 \cdot 1.3^3 = 7032 \text{ Вт} \quad (2.24)$$

Енергія, яка витрачається при терті в сальнику:

$$N_c = 9.84 \cdot (108241 + 98000) \cdot f \cdot l_c \cdot n \cdot d_{\text{вн}}^2 \quad (2.25)$$

$$N_c = 9.84 \cdot (108241 + 98000) \cdot 0.1 \cdot 0.4 \cdot 0.4 \cdot 0.1^2 = 320 \text{ Вт} \quad (2.26)$$

$$f = 0.2 \quad (2.27)$$

$$l_c = 4 \cdot d_{\text{в}} = 4 \cdot 0.1 = 0.4 \quad (2.28)$$

Потужність електродвигуна:

$$N_{\text{ел.дв.}} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot N \cdot N_c}{\eta} \quad (2.29)$$

$$N_{\text{ел.дв.}} = \frac{0.72 \cdot 1 \cdot 7032 + 320}{0.9} = 5,9 \text{ кВт} \quad (2.30)$$

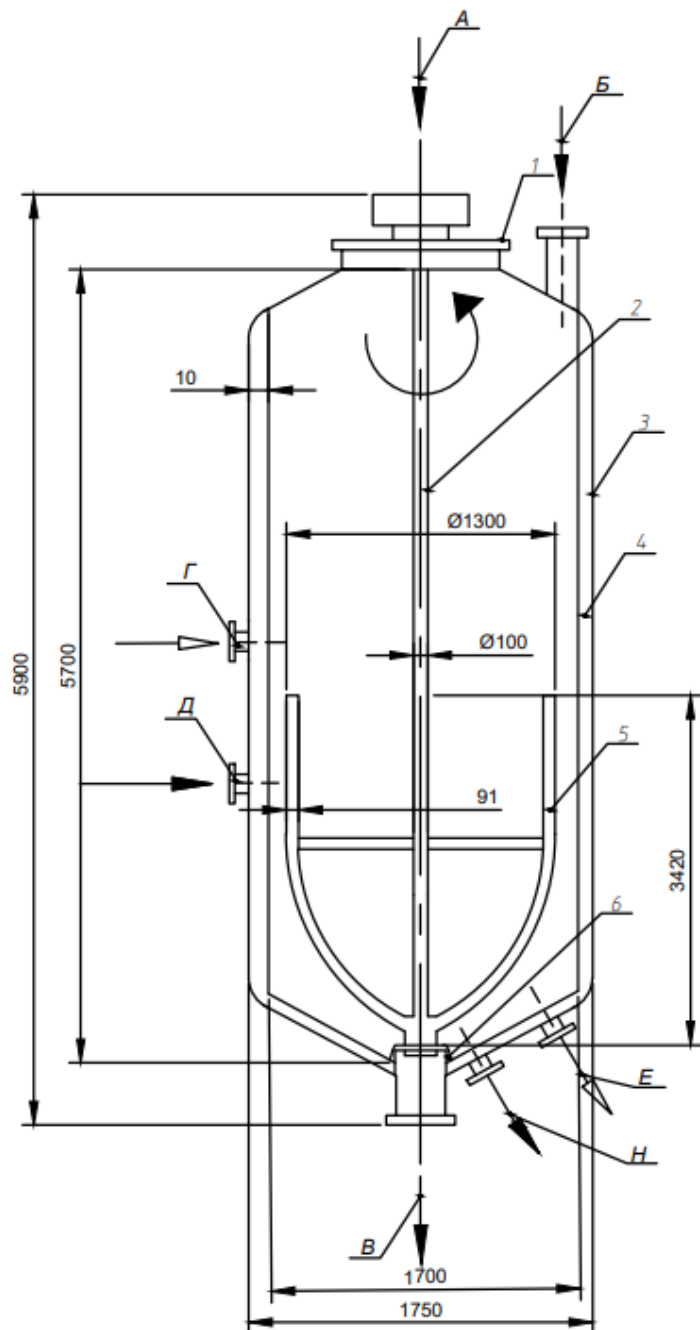
$$k_1 = \frac{H_p}{D} = \frac{1.301}{1.8} = 0.72 \quad (2.31)$$

$$k_2 = 1$$

η – к. к. д. приводу, який дорівнює 0,9

Отже, робимо висновок, що для мішалки потрібен електродвигун потужністю не менше 6 кВт.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



1. Продуктивність: 4 т/год.
2. Загальна висота: 5900 мм.
3. Внутрішній діаметр: 1700 мм.
4. Висота мішалки: 3420 мм.

Технічні вимоги

Виконуються вимоги:

ГОСТ 12.2003-74 "Обладнання промислове. Загальні вимоги"
ГОСТ 26-291-79 "Апарати зварні сталеві. Технічні вимоги"

Матеріал корпусу та деталей:

Сталь ГОСТ 4543-71

З'єднання трубопроводів:

ГОСТ 26-01-82-77

Рис 2.14 Реактор з рамною мішалкою

1 – кришка, 2 – вісь мішалки, 3 – корпус, 4 – теплообмінна сорочка, 5 – лопаті, 6 – нижня опора мішалки, А – вхід соломи, Б – вхід розчину, В – відвантажувальний патрубков, Г – вхід пари у сорочку, Е – вихід конденсату, Д – вхід води у сорочку, Н – вихід води з сорочки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

49

2.7 Опис апаратурно-технологічної схеми

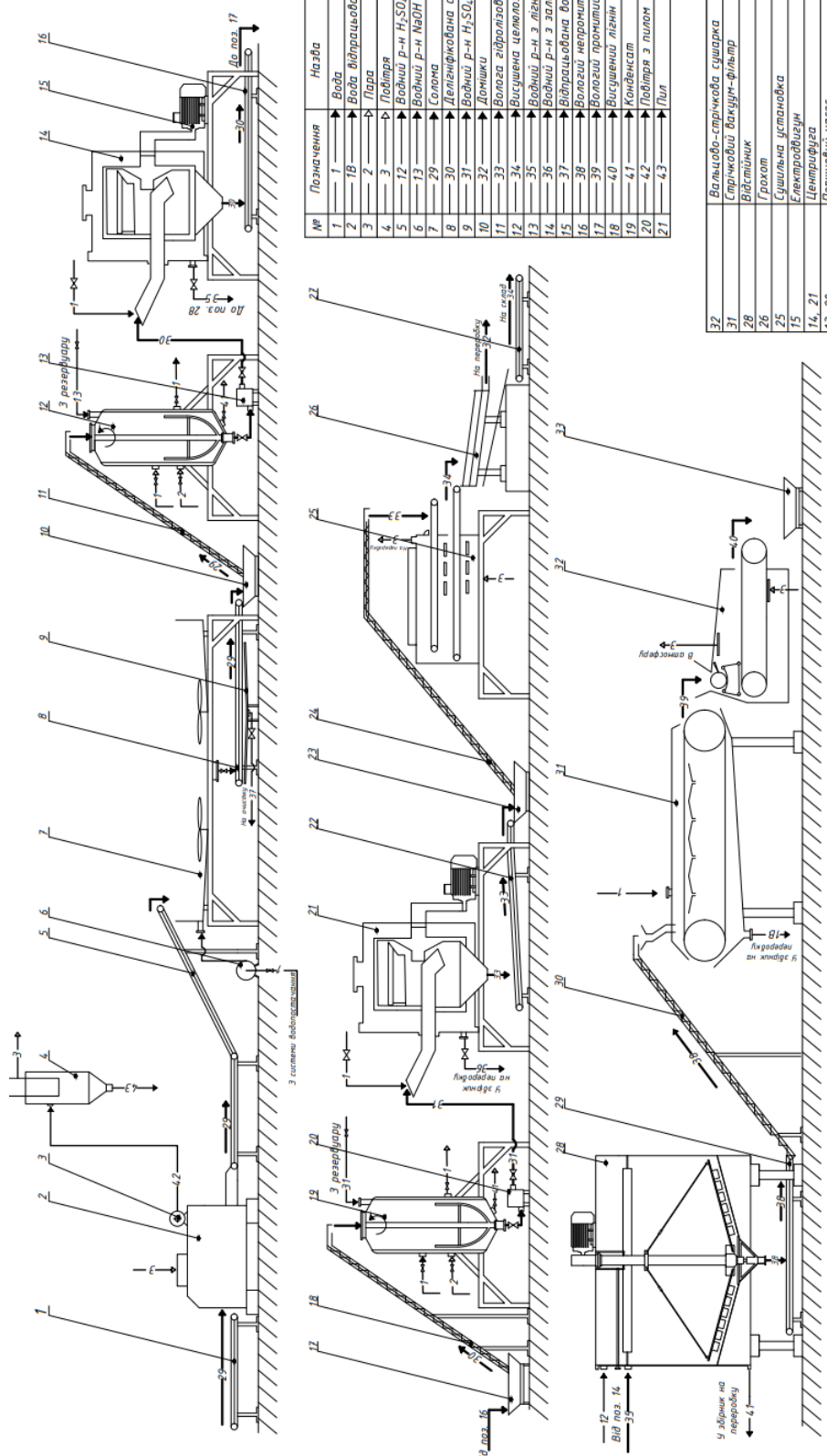
У вигляді пресованих тюків, солома постачається на виробництво від постачальників у склади підприємства. Перед початком процесу проводять візуальний огляд на наявність засорюючих трав. Після візуального огляду солом'яні тюки транспортуються до подрібнювача соломи **2** за допомогою стрічкового транспортера **1**, завантажуються у нього та вмикають апарат, який починає різати соломку ножами. Після подрібнення часток соломи (10..15 мм) їх вивантажують на стрічковий транспортер **5**, який переміщує їх до апарату для промивання соломи **7**, в який за допомогою відцентрового насоса **6** закачується вода для промивання від пилу. Після промивання промиту соломку вивантажують на стрічковий транспортер **8** з сітчаною стрічкою, завдяки цьому промивна вода проникає через транспортер та потрапляє до збирача води **9**, де відкачується на стадію очистки, а солома потрапляє до накопичувальної ємності **10**, де зберігається до моменту звільнення котла. Шнековим транспортером **11** транспортуємо соломку до реактора **12**, в який закачуємо розчин гідроксиду натрію з резервуару. Після потрапляння всіх компонентів до котла, від герметично закривається, нагрівається і проходить варіння соломи при постійному перемішуванні рамною мішалкою зі швидкістю 30 об/хв. Після закінчення варіння, у теплообмінну сорочку подається вода, яка охолоджує суспензію у котлі. За допомогою поршневого насоса **13** отримана суспензія перекачується до центрифуги **14**, барабан якої приводиться в рух за допомогою електродвигуна **15**. Маточний розчин відкачується та направляється до відстійника **28**. Після центрифугування, делігніфікована солома вивантажується на стрічковий транспортер **16**, який переправляє її до накопичувальної ємності **17**, з якої в подальшому шнековий транспортер **18** переправляє її реактора **19**. В реактор завантажуються 0,5%-й розчин сульфатної кислоти, герметично закривається, підігрівається і починається процес варіння при постійному перемішуванні за допомогою рамної мішалки. По закінченню стадії, отриману суспензію перекачують поршневим насосом **20** центрифуги **21**, барабан якої приводиться в рух за

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

допомогою електродвигуна. По закінченню промивання суміш вологої гідролізованої та негідролізованої целюлози транспортують на стрічковому транспортері **22** до шнекового транспортера **22** до накопичувальної ємності **23**, в якому вона зберігається для рівномірної подачі за допомогою шнекового транспортера **24** до стрічкової сушарки **25**, де вона піддається обробці гарячим повітрям та висушує лишню вологу. Після висушування продукт направляється до грохоту **26**, який відділяє готовий продукт від сировини, яка не пройшла основні стадії дегігніфікації та гідролізу, шляхом постійної механічної дії на пластини, тим самим змушуючи відсіювати часточки за розміром. Після цього ми отримали цільовий продукт, який відправляється на пакування за допомогою стрічкового транспортера **27**.

Від апарату **15** перекачується водний розчин з лігнін та гідроксиду натрію та водний розчин сульфатної кислоти у апарат **28** де відбувається осадження лігніну та нейтралізація гідроксиду натрію, тим самим відбувається інтенсивне осадження лігніну. Після цього за допомогою шкребка знімається осад, відкачується вода, осад вивантажується на стрічковий транспортер **29** та до шнекового транспортера **30**, який переносить осад до вакуумного промивного апарату **31**, де він спочатку промивається водою, яка постачається з системи водопостачання, а далі відкачує залишки води. Після відкачування осад потрапляє до вальцевої сушарки **32**, де вона висушується до оптимальної вологості та потрапляє до контейнеру **33**, який транспортується на зберігання.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



№	Позначення	Назва
1	1	Вода
2	18	Вода відрацьована
3	2	Пара
4	3	Попілля
5	12	Водний р-н H_2SO_4 10%
6	13	Водний р-н $NaOH$ 1.0%
7	29	Солома
8	30	Делегіфкована солома
9	31	Водний р-н H_2SO_4 0.5%
10	32	Домішки
11	33	Волога гідролована целюлоза
12	34	Висушена целюлоза
13	35	Водний р-н з лігніном і $NaOH$
14	36	Водний р-н з залишками H_2SO_4
15	37	Відрацьована вода з пілом
16	38	Вологий непротилий лігнін
17	39	Вологий протилий лігнін
18	40	Висушений лігнін
19	41	Конденсат
20	42	Попілля з пілом
21	43	Пил

32	Вальцобо-стріткова сушарка	1
31	Стрітковий вакуум-фільтр	1
28	Відстійник	1
26	Грохот	1
25	Сушильна установка	1
15	Електровіджим	1
14, 21	Центрифуга	2
13, 20	Поршневі насос	2
12, 19	Реактор	2
11, 18, 24, 30	Шнековий транспортер	4
10, 17, 23, 33	Ємність для продукції	4
9	Збирач води	1
7	Проникач соломи	1
6	Відцентровий насос	1
4	Шквар	1
3	Ліфтовий насос	1
2	Поприробач соломи	1
1, 5, 8, 16, 22, 29	Стрітковий транспортер	6
№ позначення	Назва апарату	К-сть

Рис. 2.15 Апаратурно – технологічна схема

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

В даному розділі наведено обґрунтування технології та процесу виготовлення целюлози.

В цьому обсязі розрахунок містить в собі розрахунки:

- 1) Сировина
- 2) Витрати на апарати
- 3) Рентабельність
- 4) Зарплатня працівників

3.1 Працівники

Таблиця 3.1

Список робітників на добу

Назва посади	Кількість працівників	Кількість змін	Кількість працівників за добу	Ставка
1	2	3	4	5
Технолог	2	3	6	100
Апаратник	4	3	12	90
Начальник зміни	1	3	3	150
Комірник	1	3	3	90
Слюсар	1	3	3	95

Загальна кількість працівників: 27

Загальний штат працівників: 38

Витрати на зарплатню за одну годину:

$З. п. \text{ за } 1 \text{ год.} = (100+90+150+90+95)/9 = 58,3 \text{ грн/год на одну людину.}$

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.053.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Павлюковець Д.Ю.			ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ковальова С.О.					53	
Реценз.		Майборода О.І.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Доплата за нічний час роботи:

$$З. П_{\text{нічний тариф}} = (58,3 \cdot 0,2) + 58,3 = 69,9 \text{ грн/год на одну людину}$$

Загальні витрати на заробітну плату за добу:

$$З. П_{\text{за добу}} = (6410 \cdot 2) + (6410 \cdot 0,2 + 6410) = 20512 \text{ грн/добу.}$$

Додаткові виплати у святкові дні у двократній ставці:

$$З. П_{\text{святкові дні}} = (20512 \cdot 2) \cdot 13 = 533\,312 \text{ грн.}$$

Виплати відпусток:

$$З. П_{\text{відпустка}} = 38 \cdot 15000 = 570\,000 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату за один рік:

$$З. П_{\text{за рік}} = 20512 \cdot 365 = 7\,486\,880 \text{ грн.}$$

Загальні виплати на персонал за рік:

$$З. П_{\text{загальне}} = 7\,486\,880 + 570\,000 + 533\,312 = 8\,590\,192 \text{ грн.}$$

Робимо висновок, що для забезпечення працівників заробітною платою, капітал для виплат повинен складати не менше 9 000 000 грн/рік.

3.2 Сировина

Таблиця 3.2

Витрати сировини на одну тону готової продукції

Назва	Витрати	Ціна, грн
1	2	3
Солома	7400 кг.	8140
Вода	150 м ³	4000
Сульфатна кислота 10%	210 л.	84000
Натрій гідроксид	100 кг.	28800

Загальні витрати сировини на виробництво однієї тони харчової добавки Е460 становить: 138 740 грн. за одну добу.

За рік витрати становлять на суму 50 64 100 грн.

3.3 Витрати на апарати

Таблиця 3.3

Витрати на апарати

Назва апарату	К-сть	Ціна	Витрати на встановлення, налаштування та транспортування	Загальна сума
1	2	3	4	5
Електродвигун	4	5000	2500	7500
Подрібнювач соломи	1	57000	28500	85500
Стрічковий транспортер	6	23000	11500	34500
Відцентровий насос	1	2900	1450	4350
Промивач соломи	1	24000	12000	36000
Збірник води	1	7000	3500	10500
Ємність для продукції	5	16000	8000	24000
Шнековий транспортер	5	41500	20750	62250
Котел	2	463000	231500	694500
Поршневий насос	2	8500	4250	12750
Промивна центрифуга	2	284000	142000	426000
Роздільна центрифуга	1	310000	155000	425500
Сушильна установка	1	512000	256000	768000

										Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ					

Продовження таблиці 3.3

Відстійник	1	120000	60000	180000
Стрічковий вакуум-фільтр	1	400000	200000	600000
Вальцово-стрічкова сушарка	1	260000	130000	390000

Загальна вартість обладнання складає 3 761 350 грн.

3.4 Рентабельність

Собівартість продукції формується з усіх вище перерахованих витрат на сировину, матеріали, апарати та їх обслуговування, заробітні плати тощо. Із собівартості продукту формується рентабельність виробництва.

Таблиця 3.4

Загальні витрати на виробництво целюлози

Назва	Витрати, грн
1	2
Сировина	5 064 100
Працівники	8 590 192
Обладнання	3 761 350
Комунальні послуги	До 100 000
Додаткові витрати	≈150 000
Собівартість	17 665 642

Вартість одного кілограма готової целюлози становить 48,39 грн. за кілограм.

На сьогоднішній день, при оптовій закупці даної харчової добавки її ціна за 1 кілограм складає приблизно 55 грн.

Рентабельність підприємства складає 13,6 %.

РОЗДІЛ ІV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

4.1. Вимірювання вологості за допомогою просушуванням

Перед початком експерименту, треба підготувати сушильну шафу, попередньо розігрівши її до 110 градусів.

Беруть проби целюлози на різних ділянках виробництва та відміряють 20,00 грам та поміщають у просушену бокс та герметично закривають. Бокс зважують з точністю сотих.

Після зважування, бокси поміщають у заздалегідь прогріту сушильну шафу з відкритою кришкою. Температура висушування повинна бути 105 градусів Цельсія.

Після закінчення висушування, бокси достають із шафи та дають охолонути до кімнатної температури. Після охолодження бокси зважуються.

За отриманими результатами визначають вологість продукту [26].

4.2. Органолептичні показники

4.2.1 Тест кольору

Із ділянки виробництва за допомогою спеціального вікна відбирається проба, яка підлягає аналізу, та за допомогою еталонного зразка порівнюється колір один між одним [15].

Також дозволяється візуальний аналіз за допомогою шкал кольору.

4.2.2 Тест на запах

Із кінцевої ділянки виробництва відбирається проба готового продукту на предмет присутності смаку у готовій харчовій добавці.

Лаборант, попередньо перевіривши її на токсичність, розтирає порошкоподібну речовину, в нашому випадку – целюлозу, та рівномірно розподіляє на тару, шар повинен бути однієї товщини по всій площі посудини, та аналізує на присутність стороннього запаху.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.057.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Павлюковець Д.Ю.</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ковальова С.О.</i>				57	
Н. Контр.		<i>Подобій О.В.</i>			НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		<i>Носенко Т.Т.</i>			ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ		

Після цього, за допомогою шпателя, відбирає невелику кількість добавки та поміщає її до ротової порожнини, аналізує її на присутність стороннього смаку.

Після проведення аналізу лаборант заносить дані у журнал контролю якості.

Спираючись на норми законодавства та санітарні норми, у целюлозі не повинен бути присутній різкий запах та смак, речовина повинна бути без смаку. Дозволяється присутність легкого запаху, який нагадує «запах дерева» [27].

4.3. Токсичність

Перед проведенням дослідів, згідно з ГОСТ, у приміщенні повинні притримуватись таких умов:

- Температура (20 ± 5) °C
- Вологість від 45 до 80%
- Атмосферний тиск від 650 до 800 мм рт.ст.

Початок аналізу починається з мінералізації сировини, для проведення аналізу на кадмій, свинцю, міді, цинку, заліза, олова та миш'яку.

Зважують пусту фарфорову чашку з точністю до 0,001 г.

Далі зважують чашу з продуктом з точністю до 0,02 г.

У чашу з продуктом додають 1 см³ концентрованої сульфатної кислоти.

Добавка повинна повністю розчинитися.

Далі, отриманий розчин випарюють на плитці спочатку при малій температурі, щоб випарувалась рідина, далі при високій, щоб залишки почали диміти. Таке нагрівання триває до припинення виділення диму.

Далі, після охолодження, у чашу додають 3 см³ розчину азотної кислоти у співвідношенні 1:1.

Далі таким же чином, після розчинення осаду, випарюють спочатку рідину, потім високою температурою до початку виділення диму з залишку та завершують після припинення. Чашу охолоджують до кімнатної температури.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після охолодження чашу поміщають у нагріту сушильну шафу, температура в якій 250 °С, та через кожні 10 хвилин піднімають температуру на 50 °С, поки у шафі не буде температура 450 °С. Час обробки високою температурою складає 60 хвилин.

По закінченню обробки, чашу достають та залишкову речовину розчиняють у дистильованій воді при постійному перемішуванні. Далі розчин фільтрують від осаду, доводять до відмітки дистильованою водою та поміщають у колби для аналізу на високоточній рідинній хроматографії.

По результатам дослідження, спираючись на піки графіку, роблять висновок про присутність токсичних елементів у харчовій добавці [28].

4.4 Вміст целюлози і лігніну в соломі

Даний метод базується на окисно – гідролітичному методі. При даному методі соломі обробляють сумішшю азотної кислоти та спирту. Лігнін при цьому розчиняється і його виводять у вигляді нітратних продуктів, які мають жовтий відтінок.

Для визначення целюлози беруть наважку подрібненої соломи масою 1 г, поміщають у колбу місткістю 200 мл, яка оснащена зворотній холодильником, поміщають на піщану баню та додають 25 мл. суміш кислоти та спирту (20% азотної кислоти та 80% спирту). Нагрівають впродовж однієї години. По закінченню процесу рідину відділяють від осаду за допомогою фільтру. Дана стадія для однієї і тієї ж наважки повторюється тричі.

Після проведення всіх стадій наважку висушують у сушильній шафі при температурі 105 С до постійної ваги. Під час висушування целюлозу треба іноді трошки перемішувати.

Різниця ваги фільтру з целюлозою і без целюлози ми отримуємо значення у відсотках, яке показує вміст целюлози у даному зразку [22].

РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Екологічний стан підприємства відповідає всім встановленим нормам і нормативів. Діють переочисні споруди для таких видів каналізаційних стоків, як технічні і технологічні [30].

Основні заходи щодо техніки безпеки, пожежної безпеки й охорони праці:

При проведенні профілактичних і ремонтних роботах слід дотримуватись всіх правил техніки безпеки згідно діючих інструкцій.

Обов'язково знеструмити все електричне обладнання, виконати дії згідно Правил поводження з обладнанням електроустановок, вивісити табличку «Не включати!» Працюють люди!" і приступати до роботи тільки при повній зупинці всіх вузлів, які рухаються або обертаються. Усе приводне устаткування укомплектоване електродвигунами і заземлено. З метою запобігання утворення горючого середовища та джерел запалювання передбачено:

- користуванням електроприладів, що відповідає вимозі електрообладнання безпеки класу П–П і передбачено використання електрообладнання по виконанню захисту від вибухів не нижче класу IP 44
- проведення технологічних процесів керується регламентом безпечних параметрів і прийомами робіт

У місцях передбаченого викиду шкідливих речовин передбачені місцеві витяжні зони, що запобігають проникнення шкідливих речовин в приміщення.

Передбачені технологічні вирішення, що забезпечують безпечну експлуатацію вентиляційних систем:

- оборотні та вогнезахисні клапани на повітряних трубах у відповідності із їх зазначенням

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.060.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Павлюковець Д.Ю.</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ковальова С.О.</i>				60	
Н. Контр.		<i>Подобій О.В.</i>			НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		<i>Носенко Т.Т.</i>					

- заземлення вентиляційних систем та заходи по відведенню статичної електрики і т.п.

На усьому механічному обладнанні, що здійснюють обертальний рух або не закріплені до підлоги, передбачені огороження.

З метою захисту робочого персоналу від високого рівня шуму обладнання передбачене з невеликими габаритами деталей, що обертаються, і електроприводами малої потужності до 5,0 кВт і видає шум невисокого рівня шуму до 40 дБ, що знаходиться в межах допустимого, який складає не вище 80 дБ.

Передбачені заходи з метою зменшення рівню шуму і вібрацій:

- розміщення вентилятору в окремому приміщенні для вентиляююмого устаткування та на даху будівлі
- вентилятори з'єднуються з повітроводами за допомогою гнучких з'єднань.
- установка вентиляторів з вібраційними ізоляторами
- приділяється увага ретельному балансуванню лопатей вентилятора при його монтажу для запобігання вібрацій та шуму роботи.

Все устаткування, що має деталі, які обертаються, встановлено на фундаменті, виконані з врахуванням динамічних навантажень, і закріплено. На пристроях устаткування, що виконують перемішування, передбачене автоматичне відключення електродвигуна при перегріві.

Для захисту від статичного електроструму і вторинних проявів статичного струму передбачені технічні заходи відповідно до "Правил захисту від статичної електрики" 1997 року [30].

З метою забезпечення пожежної безпеки в кожному виробничому приміщенні передбачаються первинні засоби пожежогасіння в необхідній кількості, а саме вогнегасників.

Виконується контроль у лабораторії повітря робочої зони по ГДК. Для зовнішніх стінок паропроводів і устаткування з обігрівом із температурою вище 45°C передбачена теплоізоляція. Передбачені герметичні паропроводні

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

патрубки, що запобігають випуск пари. Передбачений постійний контроль за контролем приладів, трубопроводів, приладів для контролю та замірів, все технічне обладнання у справності та чистоті. При переході на іншу зміну все обладнання ретельно очищають, миють гарячою водою і аналізують згідно з інструкцією по очищенню.

Засоби захисту направлені на усунення безпосереднього контакту з шкідливими чинниками виробництва.

За правилами контролю технологічного процесу у виробничих приміщеннях наявні системи вентиляції з кондиціонуванням повітря, які задовольняють всі вимоги санітарно-гігієнічних умов праці. Виробничі приміщення, в яких передбачено обертання сировини, напівпродуктів і готового продукту, оснащені системами повітряних насосів і системою вакуумної збірки, які затягують повітря з пилом.

Виробничий персонал забезпечується технологічним одягом, призначеним для захисту персоналу та продукту від вторинного забруднення.

До роботи допущені лише ті працівники, які пройшли інструктаж, навчання за затвердженою програмою на робочому місці і ті, які успішно здали перевірку знань робочих інструкцій і правил техніки безпеки.

Для надання безпечної умови роботи по графіку проводиться контроль повітря робочих зон на вміст токсичних продуктів. Контролі відбуваються шляхом забору проб з подальшими лабораторними аналізами.

Освітленість приміщення та рівень шуму на робочих місцях нормуються в межах, які прописані в нормативних документах. Після монтажу або проведення певних робіт завжди перевіряється рівень шуму та освітленості.

З метою охорони праці передбачено:

1. у виробничих зонах завжди передбачена постійно працююча вентиляція повітря
2. передбачені герметичні паропроводи, які запобігають витіканню пари та при пошкодженні легко ремонтуються

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

3. передбачений безперервний контроль за станом апаратів, трубопроводів, паропроводів, вимірювальних та контрольних приладів в технічно справному стані

4. побутові приміщення забезпечені душовими кабінами, сантехнічними вузлами;

5. на місцях праці, які характерні монотонністю, в таких режимах праці передбачено виконувати гімнастику, додаткові регламентні перерви, крім обідньої.

Захист повітряного середовища.

Викиди речовин, що забруднюють повітря, відбуваються при роботі технологічного обладнання по виробництву целюлози.

На виробництві по виготовленню целюлози наявні процеси, які призводять до викидів у повітряне середовище шкідливі чинники.

Передбачене, згідно технологічного регламенту, в кінці кожної зміни проводити вологе прибирання на всіх робочих місцях.

Викиди у повітря під час виробництва заборонені, дозволено випускати у атмосферу лише те повітря, яке пройшло відповідну очистку, після якої негативні чинники будуть усунені.

Загальна кількість викидів речовин, що забруднюють атмосферне повітря, під час роботи технологічного обладнання визначались шляхом проведення розрахунків матеріального балансу технологічних процесів з урахуванням ефективності очистки на вбудованих фільтрах.

Під час процесу виготовлення целюлози у повітря найбільш шкідливим чинником буде виділятися пил, який не допустимий у робочому приміщенні та у повітрі, яке відводиться з виробництва.

Забруднюючі повітря речовини видаляються в атмосферу через витяжну вентиляційну систему, продуктивністю 0,833 м³/с [30].

Захист водного середовища

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Джерелом водопостачання об'єкту, відповідно до технічних умов (ТУ) на водопостачання від 21.09.2004 року за № 57, є міська водопровідна мережа.

Норми витрат води прийняті відповідно до СНіП 2.04.02–84 «Водопостачання. Зовнішні системи та спорудження», СНіП 2.04.01–85 «Внутрішній водопровідна система та каналізація будівель», СНіП 2.04.03–85 «Каналізація. Зовнішні системи та будівлі» [17].

Передбачено наступні системи водопроводу та каналізації:

- господарчо–виробничий водопровід;
- протипожежний водопровід;
- система гарячого водопостачання;
- система побутової каналізації;
- система виробничої каналізації;
- система дощової каналізації.

Опалення приміщень та гаряче водопостачання виробничого корпусу здійснюється під власної котельні.

На підприємстві утворюються господарчі побутові стоки, які відводяться до існуючих внутрішньо майданчикових каналізаційних мереж.

В виробничому процесі утворюються стоки при мийці технологічного обладнання, оснастки та тари, які містять залишки сировини та матеріалів.

Окрім цього при виробництві використовується вода дистильована, яку використовують у лабораторії. При її отриманні, сиру водопровідну воду обробляють хлоридом натрію. Внаслідок чого до виробничої каналізації потрапляють хлориди [6].

Загальна кількість виробничих стоків по об'єкту складає 51,9 м³ /добу.

Допустима концентрація хлоридів у стічних водах, які відводяться до міської каналізації, становить 350 г/м³ – «Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України», Київ, 2002.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Кількість поверхнево–активних речовин у виробничих стоках складає 780 г/добу. Концентрація СПАР в стічних водах, які відводяться каналізаційної системи після відстійника.

Допустима концентрація СПАР у стічних водах, які відводяться до міської каналізації, становить 20 г/м – «Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України», Київ, 2002.

Відповідно до санітарно–гігієнічного висновку, враховуючи незначну кількість виробничих стоків підприємства та багатократне їх розбавлення міськими стоками в міській каналізаційній мережі м. Київ, спорудження на підприємстві локальних очисних споруд є недоцільним.

З наведеним складом виробничі стічні води виробничого містять в собі такі забруднюючі речовини і в такій кількості, які не можуть призвести до збоїв роботи каналізаційної мережі та інженерних споруд споруд, не складають небезпеки для робочого персоналу та повторно очищаються на станції очисти разом з побутовими стічними водами та господарськими.

Відвід води, які утворились в результаті дощу чи тайки снігу, з даху виробничого корпусу планується здійснювати до каналізації, яка призначена для дощової води та підземних річок.

Таким чином, згідно з «Правилами приймання стічних вод підприємству комунальні та відомчі системи каналізації міст та селищ України » виробничі стічні води можуть бути прийняті в міську каналізацію. На виконання цих вимог були науково обґрунтовані та за існуючою методологією розраховані ГДК на основі шкідливих речовин, що потрапляють до стічних вод підприємства, яка дозволила отримати дозвіл на скид виробничих стічних вод до каналізації м. Київ.

Щодо каналізації, відбувається безперервне контролювання стічних вод. Згідно постанови Кабінету міністрів України від 13 січня 1991р. відповідно до закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» розроблено правила, вимоги до складу та властивостей стічних вод, що

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

скидаються у систему міської каналізації. Якщо ці показники задовільняють вимоги наведених Правил, то відбувається відведення стічних вод від підприємства.

У міську каналізаційну систему дозволяється відводити лише ті промислові стоки, які ніяким чином не призведуть до порушення роботи каналізаційної мережі та інженерних споруд.

Існують граничні норми на приймання забруднюючих речовин, що піддаються біологічному розкладу. Найпоширеніший спосіб дезінфекції води – уведення в неї хлору , сильного окислювача або сучасних аналогів, що додається до води у вигляді газу або концентрованого водяного розчину.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз наукової науково–технічної літератури вітчизняної та закордонної, яка стосується теми хімії та технологій виробництва целюлози. Описані властивості, застосування та показники безпеки целюлози.

2. Обґрунтовано і наведено вибір сировинних матеріалів та навели їх характеристики.

3. Складено принципову схему виробництва целюлози із соломи, яка включає технологію отримання лігніну як побічного продукту виробництва целюлози.

4. Складено матеріальний баланс виробництва целюлози потужністю 1000 кг/добу. Пораховані загальні витрати целюлози, які складають 28,36 кг.

5. Базуючись на матеріальних і теплових розрахунках виконаний підбір обладнання, для виробництва целюлози та лігніну.

6. Проведений розрахунок реактора з мішалкою для стадії делігніфікації. Основні параметри: висота – 5700 мм, внутрішній діаметр – 1700 мм, загальний об'єм – 12 м³.

7. Розроблено апаратурно–технологічну схему виробництва целюлози та лігніну та наведено її опис.

8. Розраховано техніко–економічні показники виробництва та собівартість виробленої целюлози, яка складає 48,39 грн. за 1 кг. Рентабельність виробництва целюлози складає 13,6%.

9. Наведено показники безпеки та якості целюлози.

10. Розглянуто екологічно небезпечні фактори виробництва і запропоновано шляхи мінімізації їх впливу на екологію, яка полягає в нейтралізації кислот.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.067.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Павлюковець Д.Ю.</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ковальова С.О.</i>				67	
Н. Контр.		<i>Подобій О.В.</i>			НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		<i>Носенко Т.Т.</i>					

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Н.Н. Непенин. Технология целлюлозы : Москва : Экология, 1994. 591 с.
2. В. В. Пешко. Современные технологии сельскохозяйственного производства : Гродно : ГГАУ, 2018. 111 с.
3. В. М. Никитин. Химия древесины и целлюлозы : Лесная промышленность : 1978. 367 с.
4. Кулев И.Г. Производство соломенной массы : Москва : Государственное лесное техническое издание, 1993, 55 с.
5. Технология щелочной целлюлозы : БГТУ. Минск, 2017, 96 с.
6. Про правило прийому стічних вод від: наказ від Міністерства екології України від 03.06.2004р. №402 «Про затвердження Правил приймання стічних вод підприємств у комунальну систему каналізації».
7. Ewan Y. METHOD FOR PRODUCING MICROCRYSTALLINE CELLULOSE : Philadelphia : 1998, 9 с.
8. ISO 24196. Determination of lignin content in kraft lignin, soda lignin, and hydrolysis lignin.
9. А.П. Нечаев. Пищевая химия : Санкт-Петербург : ГИОРД, 2007, 640 с.
10. А.П. Нечаев. Пищевые добавки : Москва : Колос-Пресс, 2002, 256 с.
11. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Київ. 2014. 28 с.
12. Ю.О. Ластухін. Харчові добавки, Е-коди : Львів : Центр Європи, 2009, 834 с.
13. Ю. А. Ластухін, С.А. Воронов. Органічна хімія : Львів : Центр-Європи, 2006, 864 с.
14. Ю.А. Ластухін. Хімія природніх органічних сполук : Львів : Центр-Європи, 2005, 560 с.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.068.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Павлюковець Д.Ю.</i>			СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ковальова С.О.</i>					68	
Н. Контр.		<i>Подобій О.В.</i>			НУХТ Каф. ТЖХТ			
Затверд.		<i>Носенко Т.Т.</i>						

15. ДСТУ ISO 2470:2005 Папір, картон і целюлоза. Вимірювання коефіцієнта дифузного відбиття в синьому світлі.
16. В.В. Гончарук. Хімія і технологія води. : Київ : 2020. 275 с.
17. Державні юдівельні норми України. Будинки і споруди. наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 23.07.2008 р. № 340.
18. К. В. Фролов. Энциклопедия машиностроения : Москва : Машиностроение, 2004, 833 с.
19. Ю.И. Макаров. Технологическое оборудование химических и нефтегазоперерабатывающих заводов : Москва : Машиностроение. 1976, 366 с.
20. В.А. Хуснутбинов. Оборудование производств неорганических веществ : Ленинград : Изд: ХИМИЯ, 1987, 245 с.
21. О.Н. Григоров, А.Н. Зайдель. Справочник химика : Москва : ХИМИЯ, 1998, 973 с.
22. ISO 9198:2008 Папір, картон і целюлоза. Метод визначення розчинних у воді сульфатів.
23. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Справочник технолога-машиностроителя. : Москва : изд. Машиностроение, 1986, 656 с.
24. Ковшов А.Н. Технология машиностроение : Москва : Машиностроение, 1987, – 429 с.
25. Промышленное оборудование. Насосы шестеренчатые типа НМШ, Ш.[Електронний ресурс] //Атлант. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://atlant-tm.com/>.
26. ГОСТ 13586.5-2015 Метод визначення вологості. Київ, 2015, 8 с.
27. ГОСТ ISO 6658-2016 Органолептичний аналіз. Київ, 2016, 13 с.
28. ГОСТ 30538-97 Методика виявлення токсичних елементів. Москва, 1997, 21 с.
29. Браунс Ф.Э. Химия лигнина: учебник : Москва : Лесная промышленность, 1964, 11 с.
30. Банников А.Г., Вакулин А.А., Рустамов А.К. Основы экологии и охраны окружающей среды : Москва : Колос, 1996, 303 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

31. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навчання [Електронний ресурс] / уклад. : О. Г. Макаренко, І. В. Житнецький. - К. : НУХТ, 2015. - 21 с.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		Арк.
							70