НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності

# Пояснювальна записка

до диплому/роботи магістра

на тему: «АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЦЕЛЮЛОЗНО ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ.»

Виконав: студент VI курсу, групи ТЗНС- 61м

Спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Прокопенко В. В._____
прізвище та ініціали)

Керівник

проф. Кшивецький Б.Я._____
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Львів 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

Інститут **деревообробних технологій і дизайну**

Кафедра **технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності**

Освітньо-кваліфікаційний рівень **магістр**

Спеціальність **183 «Технології захисту навколишнього середовища»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
**Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД**
проф. Кшивецький Б. Я. _____
"30" вересня 2024року

# З А В Д А Н Н Я

## НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Прокопенко Віталій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз та дослідження забруднення довкілля при виготовленні целюлозно паперової продукції.»
керівник роботи Кшивецький Богдан Ярославович, доктор техн. наук, професор,
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від " 12 " 07 2024 року №…С-469.
2. Строк подання студентом роботи _____до 15 грудня 2024
3. Вихідні дані до роботи технологічний процес виготовлення целюлозно-паперової продукції та стічні води, які утворюються під час її виробництва.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Аналіз літературний джерел.
2. Технологічний процес з виготовлення целюлозо-паперової прродукції.
3. Забруднення стічних вод та їх очищення.
4. Технологічні рішення щодо очистки стічних вод.
5. Висновки.
6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
7. Презентація.

**6. Консультанти розділів роботи**

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці | Соколовський І.А. | | |
| | . | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 18 червня 2023 року

**Керівник проекту** _____ **проф. Кшивецький Б.Я.**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | **Примітка** |
|---|---|---|---|
| 1. | Літературний огляд | до 01.09.24 | |
| 2. | Технологічний процес виготовлення паперу | до 15.09.24 | |
| 3. | Забруднення стічних вод та їх очищення | до 01.10.24 | |
| 4. | Технологічні рішення щодо очистки стічних вод | до 20.09.24 | |
| 5. | Розділ з охорони праці | до 15.11.24 | |
| | Висновки. | до 01.12.24 | |
| | Оформлення роботи | до 15.12.24 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**Студент** _____ Прокопенко В. В.

**Керівник проекту** _____ проф. Кшивецький Б.Я.

# РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна дипломна робота складається із: пояснювальної записка - 52 стор., 24 рисунки, 3 таблиць, 12 джерел.

У даній роботі наведено аналіз та дослідження забруднення довкілля при виготовленні целюлозно паперової продукції. Здійснено порівняльний аналіз шкідливих викидів у довкілля, а саме вплив забруднення стічних вод на довкілля та навколишнє середовище. Запропоновано технологічні рішення щодо очистки стічних вод від виготовлення целюлозно-паперової продукції. Описано заходи з безпеки праці при роботі під час очистки стічних вод після технологічного процесу із виготовлення целюлозо-паперової продукції

Ключові слова: довкілля, стічні води, целюлозно-паперова продукція, очищення.

# ABSTRACT

Master's thesis: explanatory note: 52 pages, 24 figures, 3 tables, 12 sources.

This paper presents an analysis and study of environmental pollution in the manufacture of pulp and paper products. A comparative analysis of harmful emissions into the environment has been carried out, namely the impact of wastewater pollution on the environment and the surrounding environment. Technological solutions for wastewater treatment from the manufacture of pulp and paper products have been proposed. Occupational safety measures during work during wastewater treatment after the technological process of pulp and paper products manufacture are described.

Keywords: environment, wastewater, pulp and paper products, purification.

# ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Під час виконання магістерської роботи необхідно здійснити аналіз та дослідження забруднення довкілля при виготовленні целюлозно паперової продукції. Для дослідження необхідно:

1. Здійснити аналіз літературних джерел.
2. Проаналізувати технологічний процес із виготовлення целюлозно паперової продукції.
3. Забруднення стічних вод та їх очищення.
4. Технологічні рішення щодо очистки стічних вод.
5. Заходи з безпеки праці.

**ЗМІСТ**

ВСТУП……..7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ……..……...……..9
1.1.Характеристика стічних вод……...……..9
1.2 Вимоги до стічної води……..……..……..13
1.3 Використання обігових вод……..…..……..…..…….16
1.4 Висновки з розділу……..……..……..18
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕЛЮЛОЗО-ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ …….…….20
2.1 Технологічні схеми виготовлення целюлозо-паперової продукції……..20
2.2 Аналіз джерел забруднення стічних вод під час виготовлення целюлозо-паперової продукції…… ……..26
2.3 Висновки з розділу……..……...…….28
РОЗДІЛ 3. ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ЇХ ОЧИЩЕННЯ…….30
3.1 Технологічний процес та очищення стічних вод …….30
3.2 Методика розрахунку щодо забезпечення належного ступеня очищення стічних вод …….……..34
3.2 Висновки з розділу……37
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД…38
4.1 Технологічні рішення щодо шкідливих включень у стічні води ….....38
4.2 Розрахунок та вибір очисних споруд …….41
4.3 Висновки з розділу……...……...……42
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ…….…….44
5.1 Заходи з безпеки праці при очищенні стічних вод.……..44
5.2 Екологічна безпека із стічними водами целюлозо-паперового виробництва……..47
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ……..…..…..49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ……..….51

# ВСТУП

**Актуальність теми.** Целюлозно-паперова промисловість це одна із найбільших галузей народного господарства, де використовується багато води. Це пов'язано і технологічним процесом виготовлення паперової продукції. У технологічних процесах такого типу постійно є необхідність у використанні прісної води. Тому, щороку дана галузь споживає близько 2 млрд $м^3$ прісної води, що складає майже 4,5-4,7% від загального водокористування.

Головним джерелом забруднення стічних вод, при виготовленні паперової продукції, є шкідливі речовини, які мають органічне походження, та хімічні речовини, які використовуються при відбілюванні целюлозного полотна відповідно до способу відбілювання паперу.

Серед найбільш небезпечних речовин, які є у стічних водах паперового виробництва це є феноли, нафтопродукти, хлориди, тощо. Дані речовини при потраплянні у природні водойми є небезпечними для живих організмів річок, ставків, озер тощо. Тому не можна допускати, щоб дані речовини виходили за територію виробничого процесу не очищеними. Для цього необхідно проводити очистку стічних вод відповідними методами очистки, які на сьогоднішній день є доступними, або зменшувати забруднення стічних під час виготовлення паперової продукції, що практично не можливо. Тому необхідно вживати відповідних заходів, щоб не допускати забруднення довкілля та навколишнього середовище.

Тому целюлозно-паперової виробництва важливим є виготовлення високоякісної продукції не завдаючи шкоди довкіллю. Враховуючи це тема магістерської роботи є актуальною і вимагає наукового підходу для збереження як до технологічного процесу так і природнього середовища.

*Об'єкт дослідження:* целюлозно-паперова продукція.

*Предмет дослідження*: процес з очищення стічних вод.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати стан питання, щодо забруднення довкілля.
2. Проаналізувати технологічні схеми із паперового виробництва.
3. Забруднення стічних вод та методика їх очищення.
4. Технологічні рішення щодо очистки стічних вод.
5. Заходи, щодо охорони праці.

# РОЗДІЛ 1
# АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

## 1.1. Характеристика стічних вод підприємств

Целюлозно-паперова промисловість це доволі потужна галузь у всьому світ та і в Україні, оскільки виробництво паперу відомо давно, а потреби у ньому з кожним роком зростають. На початку виробництва паперу це були підприємства із незначною кількістю випуску продукції. На сьогодні це сучасні виробничі процеси із виробництвом великої кількості паперової продукції великого асортименту. Разом з тим, даний технологічний процес вимагає використання значної кількості води. Для прикладу на виробництво 1 тони паперу витрачається приблизно від 40…80 м$^3$ води, в залежності від способу його виготовлення. Така велика кількість води, що використовується для виготовлення паперу зумовлює утворення великих об'ємів стічних вод, які необхідно очищати. У даних стічних водах можуть бути різноманітні домішки, речовини, тощо. [4,5] Нерідко ці домішки є дуже шкідливі та небезпечними. Характеристика деяких водяних стоків наведена у таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Характеристика забруднення води

| Вид виробництва | Об'єм забрудненої води на 1000 кг. паперу. м$^3$ | Водневий показник |
|---|---|---|
| Сульфітний | 130…..155 | pH≤6 |
| Сульфітний | 425…..500 | pH=6 |
| Картон | 30….60 | pH=6 |
| Папір | 50----60 | pH≥6 |
| Невибілений | 101…116 | pH≥6 |

Стічні вод, в залежності від забруднення поділяються на певні потоки, які можна описати таким чином:

➢ Потоки що містять кору, волокна або каолін. До даної групи відносяться виробництво волокнистих напівфабрикатів, паперу і картону.

➢ Потоки що містять луги. До них відносять технологічні процеси із виготовлення волокнистих напівфабрикатів.

➢ Потоки що містять кислоти. До них відносять кислотні цехи сульфіт-целюлозного виробництва.

➢ Потоки що містять неприємний запах (смердючі). До таких потоків відносять сульфат-целюлозне виробництво.

➢ Потоки що містять хлор. До них відносять цехи із вибілювання целюлози.

➢ Потоки що містять шлам і золу.

➢ Потоки що називають умовно чисті. До них відносять обладнання для охолодження, дощові води. [6,7]

На рис. 1.1. наведено деякі із потоків стічних вод

Рис. 1.1. Потоки стічних вод.

Об’єми стічних вод для кожного потоку буде залежать від багатьох факторів, а саме обсягів виробництва продукції, технологічного процесу, режиму роботи, виду продукції, наявності різного роду очищення стічних вод, які витікають із цеху, типу водокористування тощо. Щодо водовикористання то вони можуть бути прямим, замкнутим або обіговим.

Основними особливостями стічних вод при виготовленні целюлозно-паперової продукції на підприємств є специфічний запах стічних води, водневий показник (pH), високий вміст мулу та органічних розчинених сполук, біохімічне споживання кисню (БСК), тощо.

Стічні води підприємств мокрого способу обробки, а саме при знятті кори із деревини мають запах деревини та скипидару. Окрім того такі стічні води мають бурий колір, високу каламутність, біохімічне споживання кисню та кислотність. Стічні води виробництва вибіленої деревної маси, мають жовте забарвлення. [9,10]

Природні водойми мають нормативну межу вмісту у них різного роду хімічних речовин та їх концентрацію. Це необхідно враховувати при аналізі природніх водойм, у які потрапляють водяні стоки від виробництв.

Стічні води можуть мати запах смоли та високий вміст замулених речовин. Їх вміст може сягати до 800…1000 мг/дм$^3$. Із цих замулених речовин 80…90 % - це органічні речовини, перманганатна окисність яких складає 160…240 мг $O_2$ / дм$^3$ , а біохімічне споживання кисню складає від 5…10 і до 30 мг $O_2$/дм$^3$.

Стічні води із вказаним вище вмістом замулених речовин при попаданні у водойми надають воді неприємного запаху, помутніння, тощо. Це відбувається через те, що органічні речовини гниють і можуть виділяти метан та інші продукти гниття, створюють при цьому несприятливі умови для орапгізимів Що живуть у водоймах.

На рис. 1.2. наведено стічні води із вмістом мулу.

Рис. 1.2. Стічні води із вмістом мулу

Разом з тим, стічні води із целюлозно-паперової промисловості містять забруднення, які збагачені розчинними органічних сполукам, таким як лігнін, цукри, геміцелюлози тощо та мають високу кислотність. У таких водах біохімічне споживання кисню становить 180…390 мг $O_2$/дм$^3$, а водневий

показник становить (pH) 3,4…4,6. Стічні води таких виробництв в основному відносяться до сульфіт-целюлозні виробництва. При скиданні таких стічних вод у водойми відбувається швидке розмноження бактерій. Тобто це є середовище для великої кількості бактерій. [6,9]

При виробництві целюлози сульфатним способом, стічні води мають бурий колір. Їх водневий показник становить 8,2…10,0. Окрім того вони мають специфічний запах із сірководню та меркаптану. Концентрація речовин із намули сягає 1000…4000 мг/дм $^3$. З яких 68…70 % це органічні речовини. Тому такі стічні води скидати заборонено виливати у водойми.

Кислі стічні води утворюються на виробництвах, що виготовляють целюлозу сульфітним методом, тобто це кислотне виробництво з виготовлення целюлози. Кислотність стічних вод буде відбуватися під час промивання целюлози, охолодженні діоксиду сірки, очищенні газу, промиванні кислотних башт. Такі стічні води після технологічного процесу виготовлення целюлозно маси мають підвищену кислотність, велику кількості речовин із намули у вигляді сірки та вапняку. Також стічні води можуть містити від 0,2 до 0,3 г/дм$^3$ діоксиду сірки, 2,5…3,2 г/дм$^3$ оксиду сірки та до 5 г/дм$^3$ розчинених речовин. Температура стічних вод при виготовленні целюлози в середньому становить 50 $^0$C.

Стічні води де проходить вибілювання целюлози мають лужний характер, які збагачені хлором, ртуттю і їх сполуками, та іншими органічними речовинами. Окрім того ці стічні води мають лужні середовище зі значною кількістю розчиненого хлору. Всі ці сполуки є токсичними. Тому, скидати такі стічні води у водойми можна лише після ретельного очищення.

Стічні води із виробництва целюлози сульфатним методом мають неприємний запах. Окрім того у них міститься лігнін, сульфід натрію, сірководень, метил-сірчисті сполуки. Для того, що такі води скидати у природні водойми, їм необхідно провести регенерацію від сірки і лугу. Такі технологічні операції краще здійснити на території цеху або підприємства.

Виходячи із вище сказаного стає зрозумілим, що стічні води целюлозно-паперової виробництва є небезпечними для довкілля. Тому їх обов’язково

потрібно очищаються перед скиданням у природні водойми. Оскільки стічні води в залежності віл типу виробництв мають різний хімічний склад, тому їх бажано не змішувати, а проводити очищення з регенерацією та повертати у технологічний цикл для повторно використання.

На підприємствах целюлозно-паперової промисловості України існують різні схеми очищення стічних вод. Ці смехи будуть залежати від способу виготовлення целюлози. [11,15]

Система біологічного очищення стічних вод, вперше була впроваджена на Жидачівському ЦПК. Вона призначена для очистки стічних водо від целюлозно-паперових підприємств. А на Рубіжанському КПК вперше впроваджена система виготовлення целюлозної продукції, де не було стрічкової система подачі. Також вперше в Україні при виробництві картону використовували систему зворотного осмосу, яка дозволяла очищати стічні води. Разом з тим, для того, щоб зменшити об'єм стічних вод, потрібно зменшити витрати на їх повне очищення та бажано здійснювати перехід на обігову або замкнену системи водопостачання.

## 1.2. Вимоги до стічної води

Вода після технологічного процесу виготовлення будь-якої продукції повинна бути очищена до певної якості. Ступінь очищення стічних вод буде залежати від того, де ця вода в подальшому буде використовуватись. Стосовно целюлозно-паперових підприємств, то згідно санітарних вимог до скидання стічної води у природнє середовище ступінь очищення буде залежати від її складу та властивостей основних забруднювачів. Як зазначено у розд 1.1, при виробництві паперу і картону утворюються великі об'єми стічної води із широким спектром різних сполук та домішок.

Тому, скидання стічної води від виготовлення целюлозно-паперової продукції у водойми, поблизу яких знаходяться запаси води, які використовуються для пиття, або скидати їх у ставки де водиться риба, або інші живі істоти категорично заборонено. Для такої води основним показником є якість вод. Тому додавати у такі водойми стічні води заборонено. Для скидання такої води у водойми потрібно враховувати її об'єму та ступінь забруднення.

Також важливе значення має відстань від випуску стічної води до водойми де проводиться розведення риби, а інших живих істот. [3]

Розрахунки проводять для відстані змішування стічних вод із природніми водоймами на протязі одного кілометра. Окрім того, враховують найгірші умови розбавлення, тобто беруть із розрахунку за певний період часу. Згідно норм це за двадцять останніх років. Вибирають той період де було найменше атмосферних опадів та води у водоймах. У водойми не можна скидати стічні води, що забруднені речовинами і не здатні біологічно очиститися у природніх умовах. Для такої стічної води необхідне очищення.

Щодо стандартів, то для целюлозно паперової промисловості у пункті найближчого водокористування, якість води заміряється нижче місця спуску стічної води целюлозно паперовими підприємствами. Якість води у водоймі таких водоймах регламентується таким чином:

- вода не повинна набувати запахів і присмаків інтенсивністю більше 2 балів;
- м’ясо риб не повинне набувати від води сторонніх запахів і присмаків;
- забарвлення води не повинне виявлятися в стовпчику води висотою 20 чи 10 см;
- водневий показник води повинне знаходитися в межах 6,5…8,5;
- вміст змулених речовин у воді не повинен перевищувати 0,25…0,75 мг/дм$^3$;
- концентрація кисню в будь-яку пору року у воді не повинна бути меншою, ніж 4…6 мг $O_2$/дм$^3$;
- повне біохімічне споживання кисню не повинне перевищувати 3…6 мг $O_2$/дм$^3$.

Для очистки стічних вод використовують три способи, а саме механічний, фізико-хімічний і біологічний. [14,16]

Механічний спосіб очистки дає можливість із стічних вод видалити органічні або мінеральні дисперсні частинки. Таке видалення відбувається за допомогою відстоювання, фільтрації, проціджування. Це очистка є найбільш

простою і вона може відбуватися у виробничих умовах біля цехів із обробки целюлози. Це найбільш поширений спосіб.

Фізико-хімічний це спосіб грубо-дисперсного або дрібно-дисперсного очищення стічних вод сорбцією, омиленням, коагуляцією.

Біологічний це спосіб біологічного очищення від органічних речовині використовується для очищень природнього походження.

На рис. 1.3. наведено очищення стічних вод після технологічного процесу із виготовлення целюлозо-паперової продукції за допомогою відстійників.

Рис. 1.3. Відстійник для очищення стічних вод.

Окрім того у водоймі біля пункту водокоритування повинні бути відсутні такі забруднювачі, як сульфід і активний хлор, оцтова кислота. Метанол повинні знаходитися в межах вмісту органічних речовин (за БСК повним) тощо.

На рис. 1.4. наведена схема очистки стічних вод після виготовлення целюлозно-паперової продукції відповідно до нормативних вимог. У стічних водах не допускається велика концентрація хлору, оскільки він має властивість у воді утворювати речовини, що містять діоксини. Такі речовини є небезпечними для водойм. Тому їх кількість повинна контролюватися у стічних води целюлозно-паперового виробництва. [9,10]

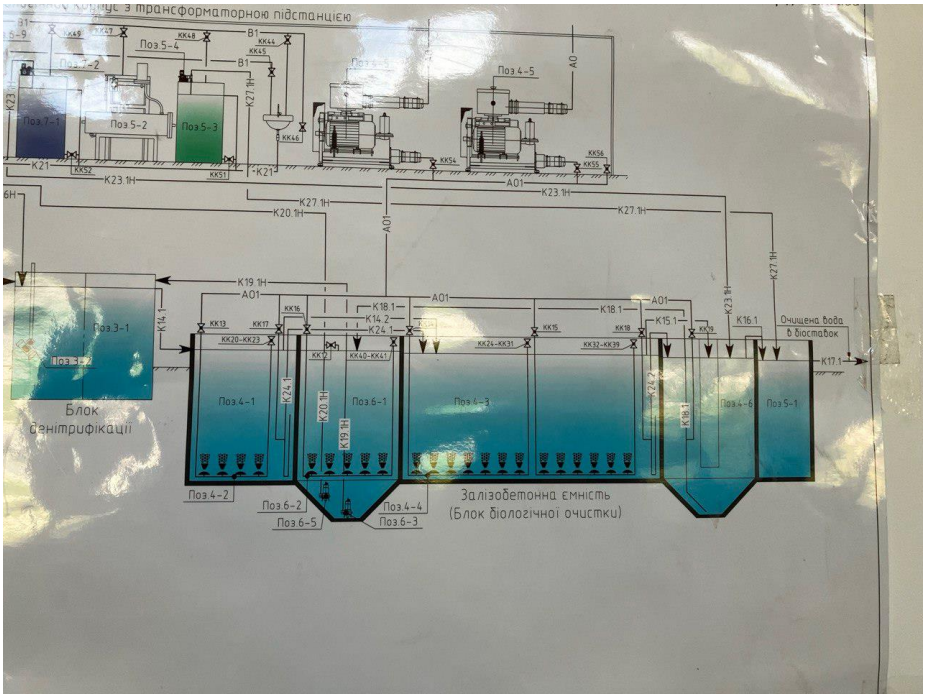


Рис. 1.4. Схема очищення стічних вод відповідно до вимог стандарту

Виходячи із вимог щодо очищення стічних вод від забруднення целюлозно паперовим виробництвом можна констатувати, що процес очищення є досить складним та багатостадійним, що вимагає додаткових коштів та устаткування для очищення стічних вод до вимог стандарту. Тому, сучасні целюлозо-паперові підприємства намагаються здійснювати процес очистки стічних водо до рівня повторного використання у технологічному процесі з виготовлення паперової продукції. Ця проблема на сьогодні є відкритою для більшості підприємств целюлозо паперового виробництва.

## 1.3. Використання обігових вод

Виходячи із способів очистки стічних вод, особливо очистки до якості, яку повинні мати стічні води при спусканні у водойми де відбувається забір води для пиття. Для цього потрібні фінансові та матеріальні затрати, які не завжди є підприємств. Тому, необхідно шукати інші шляхи щодо використання та очистки стічних вод при виробництві целюлозно-паперової промисловості.

На рис. 1.5 наведено фото очистки стічних вод на підприємстві.

Рис. 1.5. Басейн із обіговими водами на целюлозно-паперовому комбінаті.

Сучасний рівень розвитку виробничих потужностей підприємств дає можливість створити підприємства з виробництва целюлозно паперового та картонної продукції із мінімальним об´ємом стічних вод шляхом використання обігових вод.

Для створення замкнених циклів із повторним використанням стічних вод необхідно зменшити їх забруднення від органічних та мінеральних речовин. Регістрові води, які містять велику кількість волокна, а це в середньому 0,299 тон волокна, що міститься у 175,867 тон суспензії, використовуються для розбавлення целюлозної маси. [5.8]

Стічна вода із вмістом волокна 0,21 кг на одну тону стічної води повинна проходити очищення. Для очищення сіток від волокон використовують промивочні пристрої для промивання сітки. Після чого таку воду можна використати при формування целюлозного полотна.

На рисунку 1.6. наведено басийн із стічною водою після обробки целюлозної маси.

Рис. 1.6. Басийн із стічною водою після обробки целюлозної маси.

З басейна регістрових вод, надлишкова вода подається на дисковий фільтр, для фільтрації. Вода після дискового фільтра з вмістом волокна 0,001% направляється у басейн прояснених вод, а скоп з концентрацією 3,5% надходить у басейн обігового браку, а потім у композиційний басейн середнього шару.

Створення такої системи водовикористання має привести до зменшення концентрації забруднень у системі і раціональний відбір та виведення частин забруднень з циклу. Також така вода може використовуватися, за потреби і можливостей підприємства, для генерування пари, яка використовується для сушіння картону. Оскільки дана технологічна операція проходить під дією тепла.

## 1.4. Загальні висновки з розділу

Проаналізувавши стан справ при виготовленні целюлозно-паперової продукції на виробництвах галузі можна зробити наступні висновки:

1. Целюлозно-паперові підприємства із виготовлення продукції у своєму технологічному процесі використовують значу кількість води. Дана вода є забруднена різного роду домішками та речовинами різної концентрації. Це не дає

можливості її випускати із території підприємств у природнє середовище. Тому постає проблема з її очищенням та використанням.

2. Для випускання стічних вод у природні водойми, які знаходяться біля водойм із яких здійснюється забір для питної води, необхідні особливі методи очищення. Це дозволить очистити воду до відповідної якості, яку можна випускати у такі водойми. Такий технологічний процес очистки стічних вод є надзвичайно дорогим та тривалим у часі. Тому сучасні підприємства шукають альтернативні шляхи очищення та використання стічних вод.

3. Альтернативним методом очистки стічних вод є спрощена очистка для повторного їх використання. Це дозволить зберегти кошти підприємств, здійснити декілька разове використання стічних вод, що зменшить використання прісної води та дозволить зберегти довкілля та навколишнє середовище.

# РОЗДІЛ 2
# ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТВЛЕННЯ ЦЕЛЮЛОЗО-ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

## 2.1 Технологічні схеми виготовлення целюлозо-паперової продукції

У даному розділі магістерської роботи проаналізуємо технологічний процес з виготовлення целюлозо-паперової продукції, а саме картону та здійснимо аналіз забруднення стічних вод.

Технологічний процес виготовлення картону розпочинається із підготовки целюлозної маси. Даний процес складається із двох потоків. Потік верхнього і нижнього шару та потік середнього шар. Сировиною для виготовлення паперу служить целюлоза, яка закуповується або макулатура.

На рис. 2.1 наведено закупна целюлоза та макулатура.

Рис. 2.1 Пакети закупної целюлози та макулатури.

Як бачимо для виготовлення паперу можна використовувати покупну розмелену та спресовану у пакети целюлозу, або покупну макулатуру. Дана сировина використовується для виготовлення паперу різного призначення. Із пресованої макулатури виготовляють білий папір, а з макулатури картон. Але технологічний процес виготовлення паперу та картону здійснюється практично за однаковою технологічною схемою. Основна різниця може бути у підготовці сировини до виготовлення паперу, або спосіб виготовлення паперу сульфітний чи сульфатний. Тому проаналізуємо технологічну схему виготовлення паперу, яку використовують на підприємствах з виготовлення целюлозно-паперової продукції. [4,5,9]

Технологічна схема виготовлення картону із макулатури наведено на рис. 2.1.

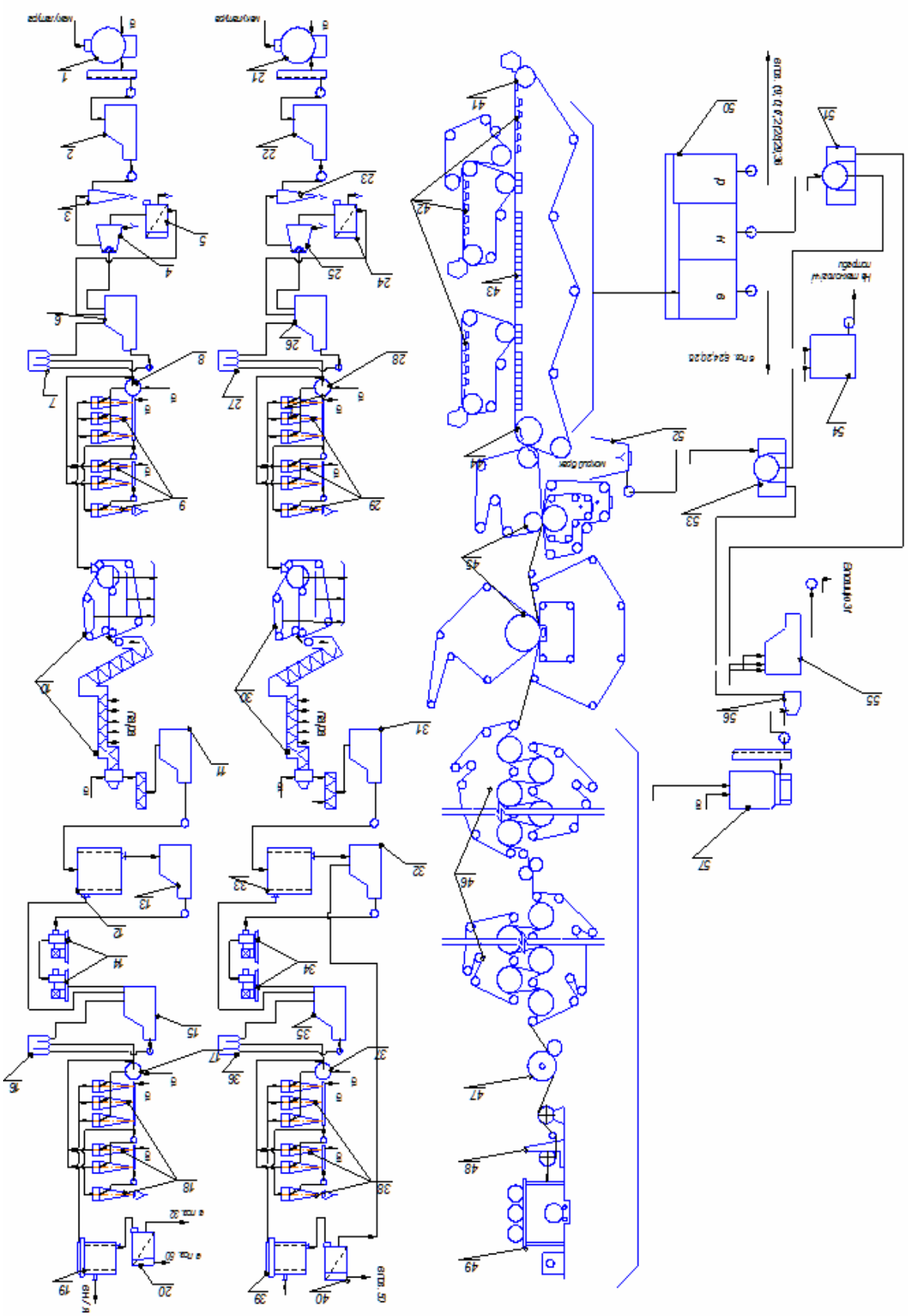

Рис. 2.1 Технологічна схема виробництва картону

Потік верхнього та нижнього шарів починається із того, що пачки целюлози або макулатури різних марок за допомогою автонавантажувача подаються на транспортер. На транспортері відбувається розпакування пачки, яка є зв'язана та упакована. Після цього сировина подається в гідророзбивач (для прикладу марки ГРГм-0,5 (1)), де відбувається розмотування запресованого пакету або макулатури, для цього використовується вода.

Розмотаний пакет із целюлозою або макулатурною масою, насосом із гідророзбивача подається в басейн макулатурної маси (2), Потік із концентрацією 3,5%, подається у вихрові очисники високої концентрації (3). Це здійснюється для видалення різного роду включень з питомою масою більшою за питому масу волокна.

Відходи з очисників вихрового типу видаляються і скидаються у підвал, а очищена від різного роду домішок макулатурна маса самопливом подається на фібрайзер (4). У фібрайзері (4) реалізується одночасно очищення макулатурної маси та її додаткове розділення на окремі волокна. Основним елементом фібрайзера є металеве сито для сортування сировини.

Забруднення із фібрайзера (4) видаляються через окремі два шлюзи: через один – легка фракція, через другий – важка. Часове реле служить для встановлення тривалості відкриття і закриття обох шлюзів. Важка фракція видаляється у відвал. Легка фракція, що містить також деяку частку волокна, подається на сортувальний пристрій вібраційного типу (5). Сепарація волокна від плівок здійснюється шляхом пропускання через отвори решітки з діаметром 4 мм.

З фібрайзера (4) очищена маса подається у басейн (6), звідки через напірний ящик (7) – поступає на очищення на центриклинери батарейного типу. Центриклинер – це апарат для видалення важких домішок з целюлози.

Відходи, після відсортування за допомогою вібромашини, подаються на транспортер, за допомогою якого транспортуються в бункер для відходів, а далі – вивозяться.

Целюлозна маса перед центриклинерами розбавляється в змішувальному насосі оборотньою водою до концентрації близько 0,6%. Розбавлена целюлозна маса під тиском 300 кПа подається на перший ступінь центриклинерів (9).

Наступною технологічною операцією є очищення целюлозної маси. Очищення інтенсифікується дією відцентрових сил у вихрових потоках. Потоки є зовнішніми - направлені до вершини конуса, та внутрішні - направлені у протилежну сторону.

Відходи від першого ступеня очищення збираються в колекторі (закритому жолобі), за допомогою обігової води вони розбавляються до концентрації близької до 0,7 %, а далі - подаються на другий очисний етап. З другого ступеня, очищена маса подається знову на перший ступінь для повторного очищення.

Відходи другого ступеня також збираються в жолобі; розбавляються до концентрації 0,4% та подаються на очищення до третього ступеня.

Відходи з третього ступеня очищення відводять та скидають у відвали, а очищена маса знову подається на другий ступінь для повторного очищення.

Маса, очищена від важких включень, подається в термодисперсійну установку (10). Установка призначена для диспергування легкоплавких домішок макулатурної маси, які не були відокремлені під час її тонкого сортування та очищення. Домішки подрібнюються до нанорозмірів, рівномірно розподіляються у всьому об’ємі утвореної суспензії.

Після процесу диспергування, маса з целюлози подається у реактор з мішалкою. У змішувачі вона розбавляється водою до 0,7 %, далі подається у басейн для диспергованої маси. Після диспергування, маса відводиться у фракціонатор (12). У фракціонаторі (12) відбувається розділення волокна на дві складові, які відрізняються лінійними розмірами волокон. Коротковолокниста фракція направляється у басейн (15), а довговолокниста – піддається додатковому розмелюванню на дискових млинах (14), після чого маса також надходить у басейн (15).

Розмелена маса подається в напірний ящик (16), розводиться водою до 0,7% у насосі змішування (17) та надходить у батарею очисних апаратів (18). Очищена

на центриклинерах маса (з концентрацією 1,2%) поступає у вузловловлювач (19), для видалення волокнистих забруднень. Під дією відцентрової сили важкі включення відкидаються до зовнішньої сітки корпуса апарата і спускаються в жолоб для важких відходів.

Очищена маса проходить через отвори сітки і виходить з апарату через штуцер. Відходи, які затримались через наявність решітки, опускаються донизу і видаляються через штуцер, який має заслінку. Вони подаються на вібраційну сортувальну машину (20), Звідтам відокремлене волокно поступає в басейн регістрових вод, а відходи попадають у басейн (32). Очищена, відсортована маса поступає в напірний ящик, а потім на сітку (КРМ).

Підготовка маси «середнього шару» здійснюється за аналогією до потоку «верхнього» та «нижнього шару», з тією відмінністю, що на переробку подається макулатура інших марок.

Для формування полотна картону, у технологічній лінії застосовується формувальний пристрій типу «Дуоформер-Д». Він дозволяє реалізувати формування «середнього шару» між двома сітками. Таке формування забезпечує сухість 10…13 %. Сітка не пропускає воду та є засобом вирівнювання, що дозволяє поліпшити якість картону і використовувати масу з більшою концентрацією.

Полотно з сітки передається в пресову частину за допомогою сукна та вакуум-просмоктувального пристрою. Основне призначення пресової частини у папероробній машині полягає в зневодненні картонного полотна та покращенні якості поверхні. Внаслідок пресування зростають характеристики картону: щільність, міцність, сухість.

Після пресової частини, картонне полотно (з сухістю близько 42 %) подається в сушильне відділення картоноробної машини, де відбувається видалення залишкової вологи. Картонне полотно, за допомогою сушильних сіток, притискається до поверхні нагрітих циліндрів. Сушіння картону здійснюється постадійно: температура циліндрів у початковому відділенні не

перевищує 85-105 ºС; в середиій частині складає 130-145 ºС; а перед пресом для склеювання, температура циліндрів зменшується до 85-125 ºС.

Далі картон (за сухості 85…92 %) подається на прес склеювання. За допомогою форсунок він зрошується клеєм, нагрітим до 40…60 ºС. Надлишок клею стікає у жолоби, звідки стікає в збірники і відводиться в установку для підготування клею. Після пресу, картонне полотно, рівномірно розправляється за допомогою розгінного валу та подається на досушування.

Після сушіння, полотно картону, що має температуру 70…90 ºС, подається на охолодження. Охолодження є необхідним для того, щоб уникнути термічної деструкції волокон під час змотування картону в рулон, Тому, картон охолоджується на холодильних циліндрах (циліндри охолоджуються зсередини проточною водою) до 30…50ºС. Завдяки волозі, що конденсується на поверхні циліндрів, зовнішні поверхні картону зволожуються до 2 %.

Після холодильних циліндрів, картон подається на периферичний накат, оснащений пневматичною системою притискання. Для розпрямлення складок на полотні картону перед накатом встановлюють валик з дуговим прогином для розпрямляння. Для зменшення електризації та для процесу охолодження картону, циліндр накату може охолоджуватися водою.

Намотані тамбури з накату подаються на поздовжньо-різальний верстат, який працює за швидкості від 300 до 1200 м/хв. На цьому верстаті полотно картону розрізається та намотується в рулони (діаметр рулонів від 950 мм до 1200 мм). Картон намотується на гільзи  з паперу (з внутрішнім діаметром 76,0±0,5 чи 100,0±0,5 мм).

Далі картонні рулони подаються на транспортувально-пакувальну лінію, оснащену автоматичними рулонними вагами. Далі проводиться заклеювання кінця полотна картону в рулоні та приклеювання етикеток. Для розпускання браку, який може утворитися під час сушіння чи на ділянках обробки картону, встановлений гідророзбивач (57). Для розпускання використовується обігова вода з басейну регістрових вод та вода із згущувачів браків (51, 53). Розпущена волокниста маса подається на пульсаційний млин (56), на якому відбувається

дорозпускання, а далі вона поступає в басейн обігового браку (55). З басейна браку через дозатор волокниста маса поступає в «композиційний басейн середнього шару» (31). Мокрий брак із гауч-мішалки (52) подається на згущувач (53), а потім подається у басейн оборотного браку (55). Брак, який може утворитися в пресовій частині, також подається в гауч-мішалку (52). Із басейну (55) брак через регулятор концентрації поступає в композиційний басейн (32).

## 2.2. Аналіз щодо джерел забруднення стічних вод під час виготовлення целюлозо-паперової продукції

Як бачимо із розд. 2.1 технологічний процес виготовлення целюлозо-паперової продукції є складний та безупинний. Також даний процес вимагає великих енергетичних затрат та великої кількості води. Практично весь процес виготовлення целюлозо-паперової продукції проходить із використанням води. Тому стічних вод утворюється значна кількість, яку необхідно очищати.

Стічні води підприємства, які утворилися в технологічній лінії виробництва паперу, характеризуються підвищеним вмістом прожареного та сухохо залишків, алюміній-іонів ($Al^{3+}$), мають високі показники окисності. Для прикладу, згідно середньо статистичних розрахунків, у басейн регістрових вод з розрахунку на 1 тону виготовлення паперу утворюється приблизно 206,15 тон суспензії, яка містить до 350кг деревинного волокна. Тому, вказану кількість волокна втрачати недоцільно. Потрібно приймати рішення щодо утворених обігових вод. Їх можна використовувати на розбавлення маси волокон у насосах змішування та басейнах.

Іншу частину суспензії, яка згідно середньо статистичних розрахунків становить 21,478 тон і у якій міститься, в середньому, 10,9 кг волокна, можна направити для процесу очищення на фільтр дискового типу. Вода отримана від очищення від деревинного розмеленого волокна може подаватися на розбавлення в композиційний басейн, а також у басейн прояснення води. Інша частина, а саме 21,173 тони проясненої води (надлишкової), яка вміщає до 0,2 кг волокна подається на очищення загальновиробниче.

Отже як бачимо із середньо статистичних розрахунків приведених на одну тону виготовлення целюлозно-паперової маси у стічних водах утворюється значна кількість деревинного розмеленого волокна. Таку кількість сировини при виготовленні целюлозно-паперової продукції викидати нераціонально не тільки із точки розу екологічної безпеки, а і з економічних міркувань. Тому необхідно приймати рішення щодо використання стічних вод із великим залишком целюлозного волокна. На рис. 2.2. наведено очищення стічних вод від целюлозного волокна, які утворюються під час виготовлення широкого асортименту целюлозно-паперової продукції на Львівській картонно-паперовій компанії.

Рис. 2.2 Басейн із целюлозного волокна при виготовленні целюлозно-паперової продукції.

Як видно із рис. 2.2.у стічних водах на їх поверхні у басейні знаходиться досить товстий шар целюлозно-паперової маси, яку необхідно відокремити від стічної води для подальшого використанні у технологічному процесі із виготовлення паперу.

## 2.3 Висновки з розділу

Як видно із технологічної схеми виготовлення целюлозо-паперової продукції, а саме картону, на виробництвах із виготовлення целюлозо-паперової продукції актуальною використовуються значні об’єми прісної води, яка після технологічного процесу перетворюється у стічні води, які необхідно очищати. Тому, проблемою є очищення стічних вод від технологічного процесу з метою максимально ефективно використати дані води, як у технологічному процесі виготовлення паперу так і при використанні води для інших потреб. Дана проблема особливо важлива сьогодні, оскільки за розрахунками науковців з кожним роком буде відчуватися гостра потреба у прісній воді. А технологічний процес із виготовлення целюлозо-паперової продукції використовує великі об’єми прісної води. Тому необхідно запроваджувати заходи щодо максимальної очистки стічних вод на підприємствах із виготовлення паперу та їх повторного використання.

# РОЗДІЛ 3
# ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ЇХ ОЧИЩЕННЯ

## 3.1. Технологічний процес виготовлення паперу і очистка стічних вод

Виходячи із технологічної схеми виготовлення паперової продукції, технологічний процес включає декілька стадій. Кожна із стадій технологічного процесу має певні особливості та функціональне призначення. Найбільш трудоємною та енергозатратною є етап підготовки целюлозної маси, яка вимагає використання значної кількості прісної води. Для прикладу проаналізуємо технологічний процес із виготовлення гігієнічного паперу та картону на Львівському картонному комбінаті. Даний комбінат має два потоки із виготовлення целюлозо-паперової продукції, а саме виготовлення гігієнічного паперу та картонну різного призначення.

Проаналізуємо технологічний процес виготовлення гігієнічного паперу із закупної сировини, тобто целюлози. Фасована целюлоза у вигляді спресованих волокон у пакетах відповідних розмірів подається у мішалку для її розмелювання та формування целюлозної маси, що складається із розмеленої целюлози і води. На рис. 3.1 наведено технологічний процес формування целюлозної маси.

Рис. 3.1 Технологічний процес формування целюлозної маси

Готова целюлозна маса змішується із водою до певної концентрації і подається на лінію для формування целюлозо-паперового полотна для подальшої обробки та отримання паперу

На рис. 3.2 наведено формування паперово-целюлозної маси

Рис. 3.2 Формування целюлозо-паперової маси.

Наступним етапом є формування із целюлозної маси паперового полотна та його висушування.

Рис. 3.2. Формування паперового килима

Останнім етапом є висушування паперового полотна та формування рулону. Даний технологічний процес показано на рис. 3.3

Рис. 3.3. Формування рулону із целюлозо-паперової маси

Аналогічний технологічний процес для виготовлення картону із макулатури. Різниця у підготовці сировини.

Як видно із технологічного процес уз виготовлення целюлозо паперової продукції на прикладі Львівського картонного комбінату для технологічного процесу виготовлення паперу використовуються великі об'єми прісної води. Для збереження довкілля та навколишнього середовища необхідні заходи щодо її очищення для подальшого використання або випускання у природні водойми.

Разом з тим, очищення стічних вод целюлозо-паперових виробництв важлива і необхідна вимога сучасних виробництв паперу. Для цього використовують певні способи щодо їх очищення. Назагал на підприємствах застосовують дві системи очищення води – локальну та загальнозаводську.

Як зазначалося вище, стічні води виробництва містять волокна целюлози різної довжини, різноманітні наповнювачі, пігментні сполуки, які різняться за густиною, середнім розміром часток, зарядом поверхні тощо.

Окрім цього, кожен вид завислих речовин трапляється окремо або можливими є суміші з іншими в різному співвідношенні. Стічні води піддають локальному очищенню. Метою локального очищення є утилізація волокна та наповнювачів, пігментів і реалізації обігу води. Більшою мірою, зважені частинки видаляють методом механічного очищення. При цьому необхідно врахувати вид виробництва за групами:

а) виробництво високозольного паперу де концентрація наповнювача є більшою за 500 мг/дм$^3$;

б) виробництво середньозольної паперової продукції де концентрація наповнювача є меншою 500 мг/дм$^3$;

в) виробництво беззольного та малозольного продукту;

г) виробництво цільової продукції з використанням зібраної макулатури.

Для очищення стічних вод, що утворюються під час виробництва високозольного паперу (І-ї групи стічних вод) доцільною є одноступенева схема очищення, що базується на методі відстоювання, або двоступенева схема: І-й ступінь – відстоювання, а ІІ-й ступінь – фільтрування.

Метод механічного очищення стічних вод виробництва середньозольної паперової продукції (II-ї групи стічні води) залежить від ступеня розмелювання целюлози: (при ступені помелу целюлози до 50˚ШР, доцільним є застосування процесу відстоювання, а в разі помелу більше 50˚ШР – доцільним є застосування флотаційного методу).

Аналогічно для стічних вод виробництва беззольного та малозольного паперу (стічні води III-ї групи) при ступені помелу целюлози до 70˚ШР – застосовують фільтрування, а коли більше 70˚ШР – застосовується флотація).

За виробництва продукції з використанням макулатури утворюються стічні води IV-ї групи. В такому разі, рекомендується проведення двоступеневої локальної очистки стічних вод: на I-му ступені – фільтрування, що реалізується у фракціонаторах; на II-му ступені може застосовуватись відстоювання, а також методи флотації чи фільтрування.

Для загальнозаводської системи очищення стічних вод використовують: фракціонатор; флотатор пневматичного типу; фільтр біологічний; відстійник радіальний та фільтр із зернистим шаром. Для виготовлення картонної продукції на основі макулатури, доцільно застосовувати двоступеневе очищення, як метод локального очищення стічних вод. Рекомендованим є: I ступінь очищення проводити методом фільтрування у апаратах-фракціонаторах; II ступінь очищення проводити із застосуванням відстійників, флотаторів або фільтрів. Для загальнозаводського очищення порядок є наступним: а) відстоювання; б) очищення біологічне; в) відстоювання у відстійниках; г) фільтрування на мікрофільтрах.

Відстоювання базується на гравітаційному методі осадження твердих часток, що мають щільність більшу за густину води. В такому разі, частки осідають на дно відстійника. Якщо у воді містяться частки із щільністю меншою, ніж густина рідини, то вони спливають на поверхню. Метод відстоювання застосовують як в локальних установках, так і на загальнозаводських очисних спорудах. Загалом, цей метод вважається початковим етапом очищення стічних вод.

Метод фільтрування – перепускання через фільтрувальні матеріали - забезпечує очищення вод від грубо-дисперсних включень, волокна целюлози, смол та жирів. Існує фільтрування під тиском атмосферним, напірне фільтрування, а також фільтрування від вакуумом. Для відфільтровування целюлозного волокна, наповнювачів із стічних вод паперово-целюлозного виробництва, при внутрішньо-цеховому очищенні використовують фільтри барабанного типу з фільтрувальними елементами із сукна чи із застосуванням сіткових елементів. Ефект очищення, зазвичай, не перевищує 50-60%. Фільтрувальні елементи швидко засмічуються, тому потребують регенерації та заміни.

Флотаційне очищення стічних вод ґрунтується на явищі спливання (винесення) твердої фази на поверхню рідини разом з бульбашками повітря, які створюються за допомогою барботеру. При цьому, необхідно враховувати явище змочування твердих включень. Ступінь змочування певною рідиною твердої поверхні частинок характеризується значенням крайового кута змочування θ, який, в свою чергу, залежить від величини поверхневого натягу на межі розділу контактуючих між собою фаз. Коли кут $\theta = 0$, то змочування буде повним (поверхня є гідрофільною); при $\theta = 180^{\circ}$ - повне незмочування (гідрофобна поверхня). Для підвищення ефективності процесу флотації потрібно надати завислим у воді частинкам більшу гідрофобність. При флотації використовують коагулянти або піноутворювачі. Позитивно впливає на процес флотації додавання вапна, поліакриламіду, активованого силікату натрію, тощо.

Метод біологічного очищення ґрунтується на здатності мікроорганізмів використовувати як джерело харчування деякі (органічні) забруднення стічних вод. Однак, біоокисненню можуть піддаватися також неорганічні сполуки: аміак, сірководень тощо. Частково, в системах біологічного очищення, біоокисненню піддаються колоїдні та зважені речовини. Але, в основному, вони видаляються за використання фізико-хімічних процесів (адсорбції на активному мулі, або біоплівці; флокуляції під дією біополімерів). На біологічних матеріалах можливим є сорбування іонів важких металів та деяких токсичних сполук,

зокрема бензопіренів. Біологічне очищення можливо реалізувати в природних та штучних умовах. В природних умовах – для реалізації методу застосовують поля зрошення та поля фільтрації.

Згідно узагальненої схеми очищення, надлишкові (прояснені) води направляються у фракціонатор. У фракціонаторі відбувається видалення довговолокнистої фракції. Ця фракція поступає у басейн обігового браку технологічного потоку. Суспензія, що пройшла крізь фракціонаторне сито направляється у апарат-флотатор. Флотопіна, що містить тверду фазу, з флотатора, надходить у бак для флотопіни і далі подається на стадію зневоднення у центрифугу відстійного чи фільтрувального типу де флотаційний шлам відтискається до концентрації 30…35 %. Флотаційний шлам видаляється з центрифуги, а утворений фільтрат направляється на біофільтри, куди також подається прояснена вода після флотатора.

Вода, яка пройшла стадію біологічного очищення, далі потрапляє у вторинний відстійник радіального типу. Осад з відстійника надходить у згущувач, внаслідок згущення утворюється скоп, а вода, яка була відтиснена, повертається у відстійник. Завершальною стадією є проходження води крізь апарат-фільтр із зернистим шаром.

## 3.2. Методика розрахунку щодо забезпечення належного ступеня очищення стічних вод

На целюлозо-паперових виробництвах для очищення стічних вод з їх подальшим випусканням у природні водойми необхідно здійснювати їх очистку відповідно до вимог щодо якості стічних вод перед їх випуском у природнє середовище. Тобто для цього необхідно здійснити очистку згідно вимог, які мною наведено вище у магістерській роботі. Для очистки стічних вод які утворюються на Львівському картонному комбінаті, то їх необхідно очищати за відповідними схемами.

Принципову схему для очистки стічних вод целюлозо-паперового виробництва із всіма етапами очистки включаючи і озонування наведено на рис.3.4.

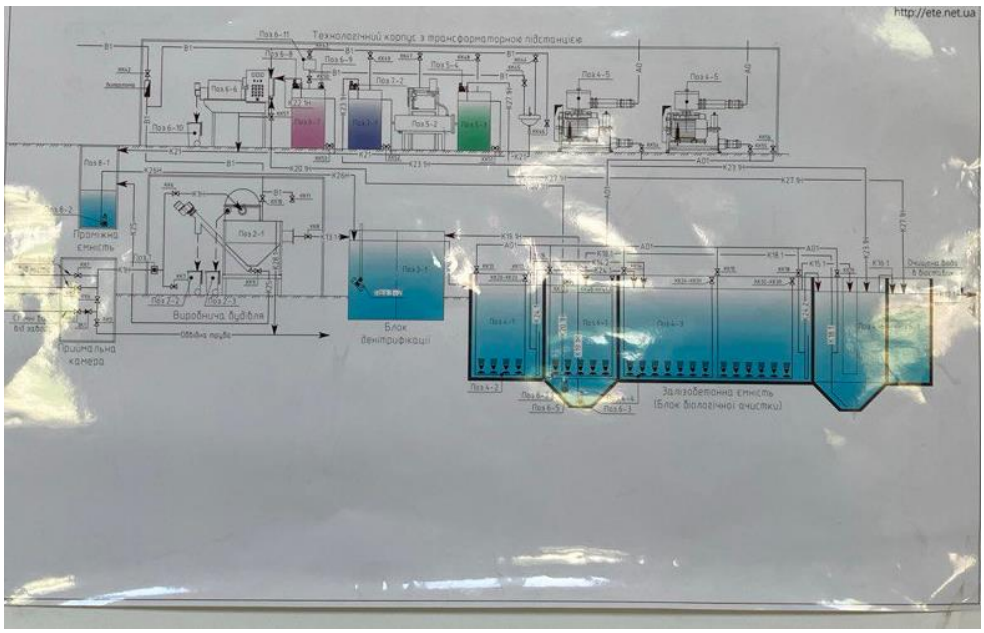

Рис. 3.4. принципова схема очищення води целюлозо-паперового виробництва.

На рис. 3.5 наведено автоматичне управління обладнанням для очищення стічних вод целюлозо-паперового виробництва.

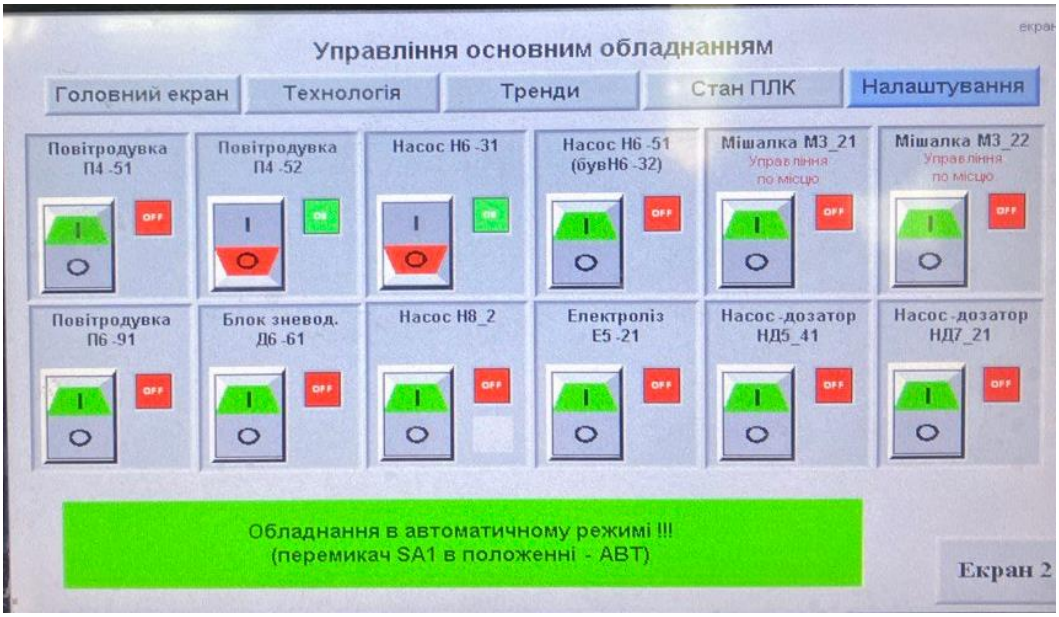


Рис. 3.5 Автоматичне управління обладнання для очищення стічних вод

Для первинної очистки стічних вод целюлозо-паперового виробництва використовують первинні відстійники. Для подальшої очистки використовують

додаткові очисні споруди, які наведено на принциповій схемі очистки стічних вод. Тому важливо здійснити розрахунок первинних відстійників.

Необхідно порахувати загальний об'єм стічних вод, які необхідно очистити. При цьому також необхідно врахувати швидкість надходження стічних вод в первинні відстійники. Для цього необхідно порахувати час перебування стічних вод. Також необхідно порахувати кількість осаду, тобто деревинного волокна, яке відбирається та поступає на повторне використання при виготовленні паперу. Враховуючи сказане вище, час перебування стічних вод у первинних відстійниках повинен бути достатнім для процесу збирання целюлозного волокна [8,9].

Відповідно до методики розрахунку стічних вод при виготовленні целюлозно-паперової продукції необхідно розрахувати наступні показники:

Загальнорічний фонд роботи:

$$P_{річ} = n \cdot m \cdot \tau \text{, год.} \quad (3.1.)$$

де n – тривалість роботи, дні; m – кількість змін; $\tau$ – тривалість зміни, год.

Площа первинних відстійників:

$$F_{від} = Q \cdot q \text{, м}^2 \quad (3.2.)$$

де Q – об'єм стічних вод, м³/год;

q – навантаження на поверхню відстійника, м³/(м²·год).

Розміри первинних відстійників:

Довжина:

$$L_{від} = 3{,}6 \cdot \upsilon \cdot \tau \text{, м} \quad (3.3)$$

де υ - швидкість (5-10 мм/с); $\tau$ – тривалість (1,5…2 год.)

Ширина відстійника

$$L/B>4 \quad (3.4)$$

Продуктивність відстійника розрахункова:

$$Q_{від} = 3{,}6 \cdot K_{об} \cdot L_{секц} \cdot B_{секц} \cdot (u_{част} - v_{турб}) \text{, м}^3/\text{год} \quad (3.5)$$

де $K_{об}$ – коефіцієнт об'єму;

$L_{секц}$ – довжина секції, м;

$B_{секц}$ – ширина секції, м;

$u_{част}$ – крупність частинок, мм/с;

$v_{турб}$ – турбулентна складова, мм/с.

Кількість відстійників:

$$N_{від} = \frac{Q_{від}}{q} \tag{3.6}$$

q – навантаження на поверхню відстійника, $м^3/(м^2.год)$, приймаємо $2 м^3/(м^2.год)$.

### 3.3 Висновки із розділу

Підсумовуючи даний розділ, висновками є:

1. На прикладі Львівського картонного комбінату проаналізовано технологічний процес з виготовлення целюлозо-паперового комбінату проаналізовано технологічний процес виготовлення паперу та картону із реальними фотографіями із даного технологічного процесу. На основі аналізу технологічного процесу показано кількість утворених стічних вод за даним технологічним процесом та склад стічних вод.

2. Проаналізовано можливі методи очистки стічних вод від целюлозо-паперового виробництва, включаючи повний цикл очистки із подальшою можливістю її випускання у природнє середовище. Вказана можливість їх використання для технологічного процесу з виготовлення целюлозо-паперового виробництва.

3. Наведено методику розрахунку стічних вод для первинних відстійників, оскільки на в більшості випадків підприємства із виготовлення целюлозо-паперової продукції здійснюють повторне використання стічних вод у технологічному процесі з виготовлення целюлозо-паперової продукції.

# РОЗДІЛ 4
# ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

## 4.1. Технологічні рішення щодо шкідливих включень у стічні води

Для прийняття технологічних рішень щодо шкідливих включень у стічні води целюлозо-паперового виробництва на прикладі Львівського картонного комбінату, необхідно знати хімічний склад та норми щодо поверхневих вод, які є допустимими у водоймах природнього значення. Для цього скористаємось середньостатистичними даними.

Найбільш небезпечними речовина, що можуть міститися у стічних вода це є азот амонію. Допустима норма якого у стічній воді становить від 0,5 до 1,0. Небезпеку несуть і нітрати та нітрити. Допустима норма яких становить 45 і 3,3 відповідно. Наступним показником це є нафтопродукти, допустима норма, яких 0,3. Окрім того ще у воді небезпеку несуть такі хімічні речовини як сульфати, фосфати та інші речовини та сполуки.

Як видно із перерахованих речовин хімічний склад поверхневих вод, тобто вод які є у природному середовищі відповідає вимогам для водойм природнього середовища. Відповідно до табл. 1.1. кількість стічних вод для виготовлення сульфітно небіленої целюлоза складає від 130 до 155 м$^3$, для сульфітно біленої целюлози складає 425-500 м$^3$, для картону - 30-60 м$^3$ та для паперу - 50-60 м$^3$

Тому очистити такий об’єм стічних вод до вимог їх випускання у природні водойми, очистити складно. Більш економічно вигідно такі стічні води очищати від волокон розмеленої целюлози та спускати у міську каналізаційну систему. Тому для прийняття технологічних рішень щодо зменшення шкідливих включень необхідно запропонувати технологічний процес із повторним використанням стічних вод при виготовленні целюлозо-паперової продукції із прив’язкою до Львівського картонного комбінату.

Щодо повторного використання стічних вод після їх очищення від додаткових включень із целюлозо-паперової маси на даному комбінаті вже існує. Тобто грубодисперсні частинки проходять цикл очищення у цеху та на території комбінату. Тобто у цеху є вмонтований металевий басийн, у який після

технологічного процесу розмелювання та обезводнення целюлозного полотна, вода поступає у басейн для грубої очистки від волокон целюлози, які були пропущені через сита ліній із виготовлення целюлозного килиму. Дані волокна за допомогою спеціально технології спливають на поверхню басейна із за допомогою спеціально вмонтованої планки знімаються із поверхневого шару води у спеціальний резервуар, а стічні води подаються назад у технологічний процес виготовлення целюлозної маси.

На рис. 4.1 наведено басийн із водою із целюлозними волокнами.

Біля цеху знаходиться відстійник, який виготовлений із залізобетонної конструкції для більш тонкої очистки стічної води целюлозо-паперового виробництва. У даний відстійних подається вода із басийну після очистки від волокон целюлозного виробництва. Після цього стічна вода попадає у відстійник, де відбувається технологічний процес очищення. Даний відстійник призначений для доочищення стічної води після басийну. Очищена вода подається назад у цех. На рис.4.2 наведено відстійник.

Рис. 4.1. Басийн із водою і целюлозними волокнами

Рис. 4.2. Відстійник для доочистки стічної води після очистки від залишків целюлози.

Для повторного використання стічної води від целюлозо-паперового виробництва необхідно прийняти технологічні рішення щодо монтажу на території комбінату додаткових басийнів для повної очистки стічних вод від технологічного процесу виготовлення целюлозо-паперового виробництва. Можна прийняти технологічне рішення щодо повної очистки стічних вод целюлозо-паперової переробки із подальшим її випусканням у природні водойми. Необхідно зазначити, що технологічний процес виготовлення целюлозо-паперової продукції є неперервний, тому комбінат працює круглодобово.

Щодо прийняття певних технологічних рішень необхідно здійснити економічні розрахунки, щодо можливості на території комбінату здійснити монтаж комплексу із очистки стічних вод. Після економічно обґрунтоване рішення необхідно здійснити проект із монтажу очисного устаткування.

Монтаж устаткування для більш якісної очистки стічних вод целюлозо-паперового виробництва дасть можливість багаторазово використовувати стічні води у технологічному процесі виготовлення целюлозо-паперової продукції з можливим її спуском у природні водойми.

### 4.2. Розрахунок та вибір очисних споруд

Найбільш оптимальним рішення щодо очистки стічних вод із технологічного процесу виготовлення целюлозо-паперової продукції це проект очисних споруд із повним циклом очистки стічних вод після їх багаторазового використання у технологічному процесі виготовлення паперової продукції. Для цього скористаємось схемою для повної очистки стічних водо, яка наведена на рис. 3.4. А на рис. 3.5 наведена схема керування даними очисними спорудами. На основі даної схеми пропонується здійснити монтаж технологічного устаткування для повного циклу очистки стічних вод від технологічного процесу целюлозо-паперового виробництва.

Разом з тим, відповідно до розрахунків, які наведено у розд.3 необхідно здійснити розрахунок кількості первинних відстійників із відповідними розмірами. Первинні відстійники будуть використовуватися для грубодисперсійної очистки стічних вод від грубих включень, а саме волокон целюлози, залишків інших додаткових включень, які є у такого типу стічних водах, з подальшим їх використання у технологічному процесі приготування целюлозо-паперової маси.

Щодо кількість циклів використання стічних вод у технологічних процесах із виготовлення целюлози, то це буде залежати від способу обробки целюлозо-паперової маси. Разом з тим необхідно відзначити, що потреба у прісній воді для комбінату повністю не зникне, оскільки будуть втрати води під час її очистки. Тому періодично необхідно буде здійснювати забір прісної води із зовнішніх джерел, для того щоб забезпечити безперебійну роботу технологічного процесу.

Стічна вода після багаторазового використання у технологічному процес із виготовлення целюлозо-паперової маси, буде подаватися на повний цикл очищення із збагаченням її киснем та повною очисткою від забруднень після технологічного процесу виготовлення целюлозо-паперової продукції. Таку воду можна знову буде використовувати у технологічному процесі із виготовлення паперової продукції, а можна і випускати у природні водойми. Таке рішення буде прийнято на основі економічних розрахунків комбінату.

Біологічна очистка стічних вод наведена на рис. 4.3.

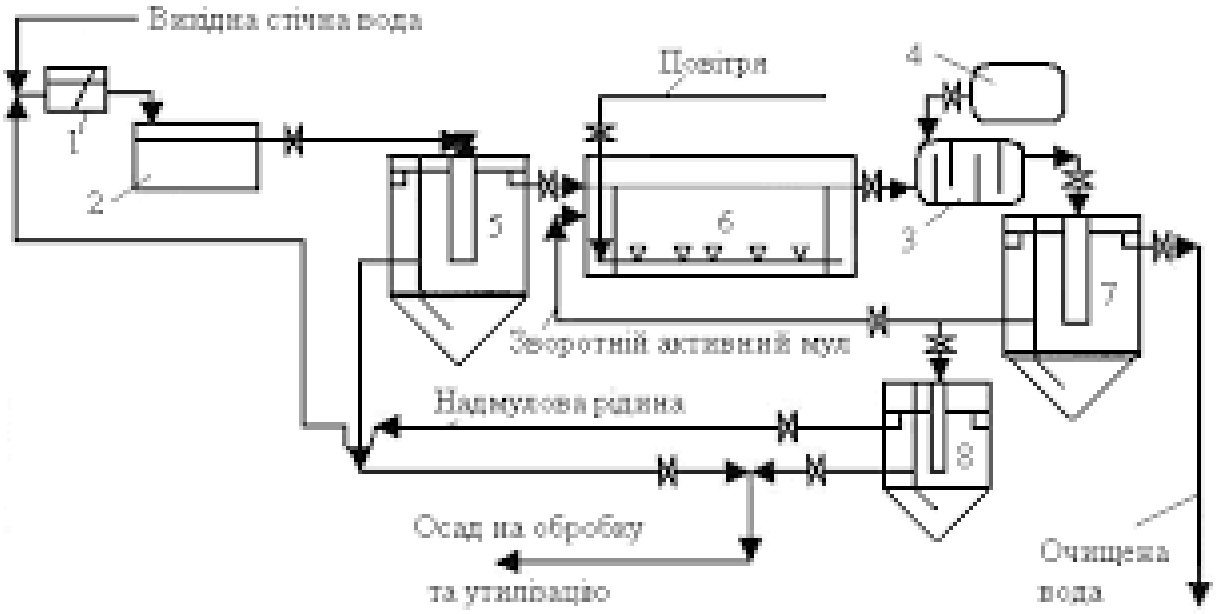


Рис 4.3. Схема біологічної очистки стічних вод від технологічного процесу виготовлення целюлозо-паперової маси.

Відповідно до даної схеми, під №1 і 2 це відповідно решітки для уловлювання твердого і крупного та дрібного сміття, яке можу бути у стічних водах; 3 це змішувач; 4- блок приготування та дозування різних реагентів; 5 – це первинний відстійник; 6 – аеротенк; 7 – вторинний відстійник; 8 це ущільнювач мулу.

### 4.3 Висновки із розділу

З даного розділу можна зробити наступні висновки

1. Пропонується для підприємств із виготовлення целюлозо-паперової продукції з метою економії водних ресурсів та забезпечення технологічного процесу з виготовлення целюлозо-паперової продукції безперебійним постачанням прісної води, прийняти технологічні рішення щодо проектування та будівництва очисних споруд для біологічної очистки стічних вод. Таке технологічне рішення пропонується на основі аналізу технологічних процесів із виготовлення целюлозо-паперової продукції та вимог сучасного виробництва.

2. Для впровадження таких технологічних рішень необхідно здійснити розрахунки щодо кількості технологічного устаткування, послідовності його монтажу та економічну ефективність від запроваджених технологічних рішень

3. Технологічні рішення пропонується запровадити на Львівському картонному комбінаті.

# РОЗДІЛ 5
# ОХОРОНА ПРАЦІ

## 5.1. Заходи з безпеки праці при очищенні стічних вод

Технологічний процес із очищення стічних вод є складним та тривалим і вимагає відповідальності для його впровадження. Тому, робота під час очищення стічних вод є небезпечною для людей та довкілля. Складність даного процесу ще у тому, що під час очищення стічних вод відбувається виділення неприємного запаху. Це момент також необхідно врахувати, особливо для людей із різного роду алергічними захворюваннями або для людей які не переносять різких запахів. Тому, все це необхідно врахувати при роботі на очисних спорудах, або у виробничих умовах де проходить первинна очистка стічних вод. Проаналізуємо безпеку праці при роботі із очисткою стічних вод більш детально.

На рис.5.1. наведено відстійники із стічною водою, яку необхідно очистити від забруднення.

Рис. 5.1 Відстійники із стічною водою для очищення

Як видно із рис. 5.1 це горизонтальні відстійники, які заповненні стоками води. Вода у них темного кольору з різними включеннями. Тобто відстійник це штучний басийн, який має залізо-бетонну конструкцію. Він має відповідні розміри за шириною, висотою та глибинною. Розміри відстійника будуть залежати від об’єму стічної води, яку необхідно очистити. Важливо зазначити, що для відстійника важливе значення має його глибина, яка буде залежати від тривалості відстоювання води. Назагал висота води у відстійнику повинна бути

в межах від 0,5 до 1,5 м. Чим більша висота стічної води, тим триваліший процес відстоювання.

Тому, важливе значення з точки зору безпеки праці, це забезпечити безпечну роботу біля відстійників. Всі відстійники повинні мати огородження, що ніхто не впав у середину відстійника. Це небезпечно, оскільки є відповідна глибина відстійника та й стічні води у своєму складі маю різні шкідливі речовини та домішки. Тому це серйозна небезпека для працівників. Окрім того, для вільного доступу до відстійника та стічних вод, повинні бити монтовані відповідні містики для переходу та пересування. Всі ці містки повинні бути також огородженні. На рис.5.2 наведено містки та огорожа біля відстійників.

Рис. 5.2. Містки та огорожа біля відстійників

Наступним важливим моментом з безпеки праці є робота біля відстійників. Всі працівники повинні працювати у відповідному захисному одязі, щоб всі часини тіла були захищенні від попадання стічних вод на частини тіла людини. Для цього необхідно забезпечити всіх працівників засобами індивідуально захисту, а саме прогумованим костюмом, гумовим взуттям та гумовими рукавицями. На рис. 5.3. наведено захисний одяг для роботи із відстійниками.

Рис. 5.3 Захисний одяг при роботі із стічними водами.

Наступним важливим аспектом з безпеки праці це відповідне технологічне спорядження для контролю та замірів параметрів стічних вод. На рис 5.4. наведено таке спорядження.

Рис. 5.4. Спорядження при роботі із стічними водами.

Перед початком роботи із стічними водами необхідно пройти інструктаж із техніки безпеки із записом у відповідний зошит для проведення інструктажу. При роботі із стічними водами, що мають різкий запах необхідно

використовувати засоби захисту дихальних шляхів. Для цього використовують різного роду маски або респіратори. На рис.5.5 наведено деякі засоби захисту органів дихання.

Рис. 5.5 засоби захисту органів дихання.

Окрім того необхідно зазначити, що перед роботою із стоковими водами необхідно пройти медичний огляд, щоб мати підтвердження лікаря про можливість працювати із стічними водами.

## 5.2. Екологічна безпека із стічними водами целюлозо-паперового виробництва.

Екологічна безпека із стоковими водами целюлозо-паперового виробництва має важливе значення, оскільки як зазначалося у попередніх розділах моєї магістерської роботи такі стоки несуть небезпеку для довкілля та навколишнього середовища. Тому необхідно запобігати шкідливому впливу стічних вод на довкілля.

Згідно вимог викиди стічних вод у природній водойми без їх очищення та відповідної їх якості неможна. Тому необхідно дотримуватись вимог щодо захисту довкілля від шкідливих викидів, що є у стічних водах целюлозо-паперового виробництва.

Оскільки пропонується стічні води від целюлозо-паперового виробництва здійснювати первинну очистку і повторне їх використання у

технологічному процесі з виготовлення паперової продукції, то загроза шкідливим викидам у природні водойми зменшується.

Окрім того після багаторазового використання стічних вод під час виготовлення целюлози, стічні води доведеться очищати до відповідної якості щоб їх можна було випускати у природні водойми. Для цього необхідно здійснити повну очистку води за допомогою відповідного технологічного устаткування із дотримання всіх вимог очистки.

На рис 5.6. наведено очищену воду після технологічного процесу виготовлення целюлози.

Рис. 5.6 Очищена стічна вода відповідної якості.

# ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Із аналізу літературних джерел, існуючих технологічних процесів із виготовлення целюлозо-паперової продукції та стічних вод, що утворюються у даному технологічному процесі можна зробити наступні висновки:

1. За аналізом літературних джерел встановлено, що технологічні процес із виготовлення целюлозо-паперової продукції використовують великі об’єми прісної води, яку забруднюють різними шкідливим речовинами і домішками. Такі стічні води не можна випускати у природні водойми бо вони будуть забруднювати довкілля.

2. До стічних вод ставляться певні вимоги, які необхідно забезпечити та дотримуватися при очистці стічних вод. Для забезпечення екологічних, економічних та технологічних вимог необхідно впроваджувати у технологічні процеси із виготовлення целюлозо-паперової продукції повторне використання стічних вод.

3. На базі Львівського картонного комбінату проаналізовано технологічний процес з виготовлення целюлозо-паперової продукції та стічні води, які утворюються у даному технологічному процесі, їх забруднення та небезпеку, яку вони несуть для довкілля.

4. Наведено методику розрахунку для первинних відстійників, які використовуються для очищення стічних вод, які будуть повторно використовуватись у технологічному процесі із виготовлення целюлозо-паперової продукції.

5. Запропоновано технологічні рішення щодо використання стічних вод після виготовлення целюлозо-паперової продукції та її очищення для повторного використання у технологічному процесі із виготовлення целюлозо-паперової продукції. Це дозволить економити кошти підприємству на повній очистці стічних вод, відмовитись від закупівлі великих об’ємів прісної води. та на монтажу та обслуговувані дорогого технологічного процесу із очистки стічних вод після виготовлення целюлозо-паперової продукції.

6. Проаналізовано заходи із безпеки праці при роботі із стічними водами та їх очисткою після технологічного процесу виготовлення целюлозо-паперової продукції.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.М. Сторожук, О.В. Мельников, Б.Я. Кшивецький, Г.В. Сомар, І.А. Соколовський, О.М. Маєвська. Технології захисту навколишнього середовища. Поводження з відходами. Підручник. М-во освіти і науки України. Нац. лісотехн. ун-т України. – К. Вид. дім «Професіонал» 2023. – 354 с. ISBN978-966-570-837-7.

2. Кшивецький Б.Я., Сторожук В.М., Маєвська О.М., Соколовський І.А., Гайда С.В. Методичні рекомендації для підготовки магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Львів: НЛТУ України, 2023. – 44 с.

3. Маєвська О.М., Кшивецький Б.Я., Сторожук В.М., Гайда С.В. Методичні вказівки щодо проходження практики та оформлення звітів для студентів п’ятого курсу Інституту деревообробних технологій та дизайну. – Львів: НЛТУ України, 2023. – 11 с.

4. Антоненко Л.П. Очистка та рекуперація промислових викидів целюлозно- паперових виробництв: навч. посіб. / Л.П.Антоненко,І.М. Дейкун, М.Д.Гомеля. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 188 с.

5. Додаткові розділи очистки та рекуперації промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини: Метод. вказівки до виконання курсової роботи для студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» спец. «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини» / Уклад.: Л. П. Антоненко, І. М. Дейкун, В. Г. Плосконос – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 34 с.

6. Промислова екологія: Навчальний посібник / С. О. Апостолюк, В. С. Джигирей та ін. – К.: Знання, 2005. – 268 с.

7. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології. Теорія та практикум: Навчальний посібник. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.

8. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 1Захист атмосфери: підручник – Херсон. : Олді-плюс, 2019. – 432 с.

9. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2 Методи очищення стічних вод – Херсон. : Олді-плюс, 2019. – 298 с.

10. Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.

11. Погребенник В.Д. Оперативне вимірювання інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів. Монографія. – Львів: СПОЛОМ, 2011.2. Катренко А.В. Системний аналіз об’єктів та процесів комп’ютеризації. – Львів: Новий світ. – 2004.

12. Теверовський Б.З. Розрахунки пристроїв для очистки промислових газів від пилу. Навч. посібник. – НМК ВО, 1991.