

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

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

До захисту допущено:

В.о. завідувачки кафедри

\_\_\_\_\_ Віта ГАЛИШ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

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

**спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»**

**на тему: «Технологічний потік з виробництва туалетного паперу з  
первинного волокна»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ЛЦ-21

Науменко Максим Олександрович \_\_\_\_\_

Керівник:

доц., к.т.н., Трембус І.В. \_\_\_\_\_

Консультант

Із розробки заходів з охорони праці на виробництві

ст.викл., к.т.н., Ковтун А.І. \_\_\_\_\_

Рецензент: \_\_\_\_\_

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

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2026 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології**  
**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**  
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»  
Освітньо-професійна програма «Промислова екологія та  
ресурсоефективні чисті технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувачки кафедри

\_\_\_\_\_ Віта ГАЛИШ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект студенту**  
**Науменко Максиму Олександровичу**

1. Тема проекту «Технологічний потік з виробництва туалетного паперу з первинного волокна»  
керівник проекту Трембус Ірина Віталіївна, к.т.н., доц  
затверджені наказом по університету від «19» травня 2026 р. № 1817-С  
Строк подання студентом проекту 9 червня 2026 р.
2. Вихідні дані до проекту: туалетний папір
3. Зміст пояснювальної записки. Обґрунтувати особливості виробництва санітарно-гігієнічного паперу з первинного волокна, надати характеристику сировини та допоміжних матеріалів, описати технологічну схему виробництва туалетного паперу, розглянути основні технологічні процеси підготовки волокнистої маси, формування, пресування та сушіння паперового полотна. Виконати розрахунок матеріального балансу води і волокна, а також теплового балансу сушильної частини. Обґрунтувати вибір основного технологічного обладнання, розробити об'ємно-планувальне рішення виробничого цеху та охарактеризувати заходи з охорони праці під час виробництва санітарно-гігієнічної продукції.

4. Перелік графічних матеріалів. До графічної частини дипломного проєкту входять: технологічна схема виробництва туалетного паперу з первинної целюлози, план виробничого цеху, поздовжній та поперечний розрізи будівлі, а також зведена схема матеріального балансу води й волокнистих напівфабрикатів. Графічні матеріали відображають основні технологічні та конструктивні рішення, прийняті в проєкті.
5. Консультант розділів проєкту.

| Розділ                                   | Прізвище, ініціали<br>та посада<br>консультанта | Підпис, дата      |                     |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|---------------------|
|                                          |                                                 | Завдання<br>видав | Завдання<br>прийняв |
| Заходи з охорони праці<br>на виробництві | Ковтун А.І.                                     |                   |                     |

6. Дата видачі завдання \_18 травня 2026 р.

#### Календарний план

| №<br>з/п | Назва етапів виконання<br>дипломного проєкту<br>(роботи) | Строк виконання<br>етапів проєкту<br>(роботи) | Примітка |
|----------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|
| 1        | Отримання завдання                                       | 18.05.2026                                    |          |
| 2        | Проектування технологічної схеми                         | 19.05.2026-21.05.2026                         |          |
| 3        | Технологічна частина                                     | 21.05.2026-23.05.2026                         |          |
| 4        | Розрахункова частина                                     | 24.05.2026-26.05.2026                         |          |
| 5        | Оформлення графічної частини                             | 27.05.2026-01.06.2026                         |          |
| 6        | Будівельна частина                                       | 02.06.2026-07.06.2026                         |          |

Студент \_\_\_\_\_ Максим НАУМЕНКО

Керівник проєкту \_\_\_\_\_ Ірина ТРЕМБУС

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Технологічний потік з виробництва туалетного паперу з**  
**первинного волокна »**

Київ – 2026 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

| №<br>з/п | Формат | Позначення         | Найменування                    | Кількість<br>листів | Примітка |
|----------|--------|--------------------|---------------------------------|---------------------|----------|
| 1        | A4     |                    | Завдання на<br>дипломний проєкт | 2                   |          |
| 2        | A4     | ДП 2106. 00.003 ПЗ | Пояснювальна<br>записка         | 79                  |          |
| 3        | A1     | ДП 2106. 01.003 ТК | Технологічна схема              | 1                   |          |
| 4        | A1     | ДП 2106. 02.003 ТК | План цеху                       | 1                   |          |
| 5        | A1     | ДП 2106. 03.003 ТК | Поперечний розріз               | 1                   |          |
| 6        | A1     | ДП 2106. 04.003 ТК | Поздовжній розріз               | 1                   |          |
| 7        | A1     | ДП 2106. 05.003 ТК | Зведений<br>матеріальний баланс | 1                   |          |

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект: стор. 79, рис. 5, табл. 7, першоджерел 7

Мета дипломного проекту полягає в удосконаленні технології виробництва туалетного паперу з первинного волокна.

Наведено вимоги до вихідної сировини, допоміжних хімікатів та готової продукції. Розглянуто особливості виробництва санітарно-гігієнічного паперу та представлено технологічну схему виробництва туалетного паперу з первинного волокна з детальним описом основних стадій технологічного процесу. Виконано розрахунок матеріального балансу води і волокна, а також теплового балансу сушильної частини папероробної машини. Наведено теоретичні відомості щодо процесів розмелювання волокнистої маси, формування паперового полотна та його сушіння. Обґрунтовано вибір основного технологічного обладнання. Розроблено об'ємно-планувальне рішення цеху з виробництва туалетного паперу з первинного волокна та розглянуто заходи з охорони праці для забезпечення безпечних умов роботи на підприємстві.

ЦЕЛЮЛОЗА, ВОДАМІН-115, ДВОДИСКОВИЙ РАФІНЕР, ПАПЕРОРОБНА МАШИНА ANDRITZ PRIMELINE S 2200, ЯНКІ-ЦИЛІНДР, КРЕПУВАННЯ, КОНТАКТНО-КОНВЕКТИВНЕ СУШІННЯ, ТУАЛЕТНИЙ ПАПІР

|           |                |          |        |      |                                                                          |                                           |      |         |
|-----------|----------------|----------|--------|------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|---------|
|           |                |          |        |      | ДП 2110. 00. 000                                                         |                                           |      |         |
| Зм.       | Арк.           | № докум. | Підпис | Дата |                                                                          |                                           |      |         |
| Розробив  | Науменко М. О. |          |        |      | Технологічний потік з виробництва туалетного паперу з первинного волокна | Літ.                                      | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | Трембус І.В    |          |        |      |                                                                          |                                           | 1    | 6       |
| Реценз.   |                |          |        |      |                                                                          | КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, гр. ЛЦ-21 |      |         |
| Н. Контр. |                |          |        |      |                                                                          |                                           |      |         |
| Затв.     | Трембус І.В    |          |        |      |                                                                          |                                           |      |         |

## ABSTRACT

Diploma Project: 79 pages, 5 figures, 7 tables, 7 references.

The purpose of the graduation project is to improve the technology of toilet paper production from virgin fiber.

The requirements for raw materials, auxiliary chemicals, and finished products are presented. The features of sanitary and hygienic paper production are considered, and a technological flow sheet for toilet paper production from virgin fiber is provided with a detailed description of the main stages of the process. Material balances for water and fiber, as well as the heat balance of the paper machine drying section, were calculated. Theoretical aspects of fiber stock refining, paper web formation, and drying processes are discussed. The selection of the main technological equipment is substantiated. A plant layout for a toilet paper production workshop based on virgin fiber was developed, and occupational health and safety measures to ensure safe working conditions at the enterprise were considered.

VIRGIN PULP, VODAMIN-115, DOUBLE-DISC REFINER, ANDRITZ PRIMELINE S 2200 PAPER MACHINE, YANKEE CYLINDER, CREPING, CONTACT-CONVECTIVE DRYING, TOILET PAPER.

|           |                |          |        |      |                                                                                 |                                              |      |         |
|-----------|----------------|----------|--------|------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------|---------|
|           |                |          |        |      | <b>ДП 2110. 00. 000</b>                                                         |                                              |      |         |
| Зм.       | Арк.           | № докум. | Підпис | Дата | <b>Технологічний потік з виробництва туалетного паперу з первинного волокна</b> | Літ.                                         | Арк. | Аркушів |
| Розробив  | Науменко М. С. |          |        |      |                                                                                 |                                              |      |         |
| Перевірив | Трембус І.В    |          |        |      |                                                                                 |                                              | 1    | 7       |
| Реценз.   |                |          |        |      |                                                                                 | КПІ ім. Ігоря Сікорського,<br>ІХФ, гр. ЛЦ-21 |      |         |
| Н. Контр. |                |          |        |      |                                                                                 |                                              |      |         |
| Затв.     | Трембус І.В    |          |        |      |                                                                                 |                                              |      |         |

## **ЗМІСТ**

|                                                                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП.....</b>                                                                                                     | <b>9</b>  |
| <b>1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО ВИДУ ПАПЕРУ .....</b>                                             | <b>11</b> |
| <b>2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО ПАПЕРУ .....</b>                                                   | <b>16</b> |
| <b>2.1 Характеристика сировини, хімікатів та санітарно-гігієнічного виду паперу.....</b>                              | <b>16</b> |
| <b>2.2 Технологічна схема та її опис .....</b>                                                                        | <b>21</b> |
| <b>2.3 Теоретичні відомості про основні технологічні процеси виробництва санітарно-гігієнічного виду паперу .....</b> | <b>25</b> |
| <b>3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В СИРОВИННИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО ВИДУ ПАПЕРУ .....</b>            | <b>31</b> |
| <b>3.1 Блок-схема балансу води і волокна .....</b>                                                                    | <b>31</b> |
| <b>3.2 Вихідні дані для виробництва матеріального балансу .....</b>                                                   | <b>32</b> |
| <b>3.3 Розрахунок матеріального балансу води і волокна .....</b>                                                      | <b>34</b> |
| <b>3.4 Результати зведеного балансу води і волокна.....</b>                                                           | <b>54</b> |
| <b>3.5 Тепловий баланс .....</b>                                                                                      | <b>56</b> |
| <b>4. ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....</b>                                                              | <b>60</b> |
| <b>5. ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА ТУАЛЕТНОГО ПАПЕРУ .....</b>                              | <b>68</b> |
| <b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>                                                                                          | <b>70</b> |
| <b>6.1 Захист від шуму та вібрації.....</b>                                                                           | <b>71</b> |
| <b>6.2 Повітряне середовище виробничих приміщень.....</b>                                                             | <b>72</b> |
| <b>6.3 Електробезпека .....</b>                                                                                       | <b>73</b> |
| <b>6.4 Пожежна безпека.....</b>                                                                                       | <b>74</b> |
| <b>6.5 Освітлення виробничих приміщень .....</b>                                                                      | <b>75</b> |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>                                                                                                 | <b>77</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.ПОМИЛКА! ЗАКЛАДКУ НЕ ВИЗНАЧЕНО.</b>                                                 |           |

## ВСТУП

Папір санітарно-гігієнічного призначення є одним із найбільш поширених і необхідних видів продукції у повсякденному житті людини. Серед широкого асортименту таких виробів особливе місце займає туалетний папір, який належить до товарів постійного попиту та має важливе значення для забезпечення належного рівня гігієни населення. Сучасні вимоги споживачів до цієї продукції передбачають не лише її доступність, але й високі показники якості, зокрема м'якість, міцність, поглинальну здатність і безпечність у використанні [1].

Виробництво санітарно-гігієнічного паперу в Україні активно розвивається, що пов'язано зі зростанням потреб ринку та впровадженням сучасних технологій у целюлозно-паперовій промисловості. Особливої уваги набуває виробництво туалетного паперу з первинного волокна, оскільки така сировина забезпечує високий рівень білості, м'якості та гігієнічності готової продукції. Використання первинного волокна дозволяє отримувати продукцію, яка відповідає сучасним стандартам якості та є конкурентоспроможною на ринку.

Київський картонно-паперовий комбінат - одне з найбільших підприємств целюлозно-паперової промисловості України та Європи, засноване у 1977 році. Підприємство входить до складу австрійської компанії Pulp Mill Holding та забезпечує значну частку виробництва целюлозно-паперової продукції в Україні. Комбінат розташований у місті Обухів Київської області та спеціалізується на виробництві картону, паперу для гофрування, паперу-основи для санітарно-гігієнічної продукції, а також готових виробів, зокрема туалетного паперу, серветок і паперових рушників [1].

Технологічний процес виробництва туалетного паперу є досить складним та багатостадійним. Він включає підготовку волокнистої маси, її очищення та розбавлення, формування самого паперового полотна, пресування, сушіння,

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

крепування, намотування та подальше пакування готової продукції. Для забезпечення стабільної якості виробництва підприємства оснащуються сучасними папероробними машинами, автоматизованими системами контролю технологічних параметрів та обладнанням із замкнутими водними циклами, що сприяє підвищенню ресурсоефективності виробництва.

Важливим завданням сучасного виробництва є не лише збільшення обсягів випуску продукції, а й зниження енерговитрат, раціональне використання водних ресурсів та вдосконалення технологічних режимів без підвищення собівартості продукції. Саме тому аналіз технологічного процесу та умов роботи обладнання є актуальним напрямом дослідження.

Метою даного дипломного проекту є ознайомлення з технологічним процесом виробництва туалетного паперу з первинного волокна, аналіз основних стадій виробництва, вивчення роботи технологічного обладнання, а також пошук можливостей підвищення ефективності виробництва та покращення якості готової продукції.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 10   |

## 1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО ВИДУ ПАПЕРУ

Виробництво санітарно-гігієнічних видів паперу з первинного волокна є одним із найважливіших напрямів сучасної целюлозно-паперової промисловості. Основною особливістю такого виробництва є використання високоякісної целюлозної сировини, отриманої переважно з хвойних і листяних порід деревини (рис. 1.1). Первинне волокно забезпечує високі показники міцності, м'якості, поглинальної здатності та білості готової продукції, що є особливо важливим для виготовлення туалетного паперу, серветок, паперових рушників, носових хустинок та інших виробів санітарно-гігієнічного призначення.

Важливою особливістю виробництва санітарно-гігієнічної продукції є формування пухкої та пористої структури паперового полотна. Для цього під час виготовлення паперу використовують мінімальне ущільнення в пресовій частині папероробної машини та інтенсивне сушіння. Такі умови забезпечують високу капілярну поглинальну здатність, яка є одним із ключових показників якості санітарно-гігієнічного паперу. Папір повинен швидко вбирати рідину, зберігаючи при цьому достатню міцність у сухому та вологому станах. Для підвищення пухкості та м'якості паперове полотно піддають крепуванню – механічному порушенню структури поверхні за допомогою спеціального ножа, встановленого на сушильному циліндрі. У результаті папір набуває характерної хвилястої структури, що підвищує його еластичність і тактильну м'якість.

Папір туалетний має низьку масу метра квадратного, що дозволяє забезпечувати м'якість і економічність готового виробу. Пропонується використовувати волокнисту композицію із суміші целюлози листяних і відповідно хвойних порід деревини у співвідношенні 60 : 40 % та проведення їх розмелювання окремими технологічними потоками.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 11   |

Для виробництва санітарно-гігієнічного паперу застосовують переважно вибілену сульфатну целюлозу хвойних і листяних порід деревини марок ХБ-4 та ЛС-4. Хвойна целюлоза характеризується довшими волокнами, що забезпечують високу механічну міцність паперу, тоді як листяна целюлоза сприяє підвищенню м'якості, пухкості та поглинальної здатності (рис. 1.1). Важливою вимогою до первинної сировини є низький вміст лігніну, смол і мінеральних домішок, оскільки вони можуть погіршувати гігієнічні характеристики продукції та знижувати її здатність до поглинання вологи.

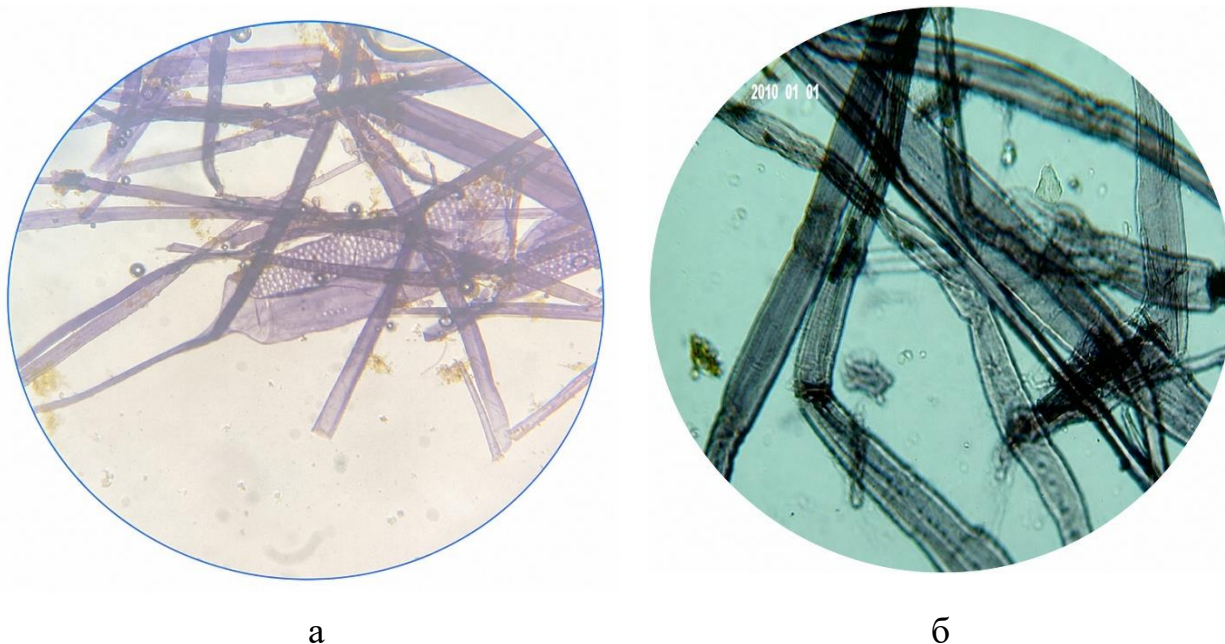


Рисунок 1.1 – Мікроскопічні зразки целюлози: а – листяної; б – хвойної.

Сучасні тенденції розвитку целюлозно-паперової промисловості спрямовані на підвищення продуктивності обладнання, автоматизацію технологічних процесів та зниження енергоємності виробництва.

Для удосконалення процесу підготовки волокнистої маси пропонується використання дводискового рафінера ANDRITZ TF20 (рис. 1.2) [3], який забезпечує ефективне низькоінтенсивне розмелювання волокон із мінімальним пошкодженням їх структури. Завдяки конструкції з двома дисками рафінер забезпечує рівномірний вплив на волокнисту масу, що дозволяє покращити

фізико-механічні властивості готового паперу, зокрема м'якість, міцність та поглинальну здатність.

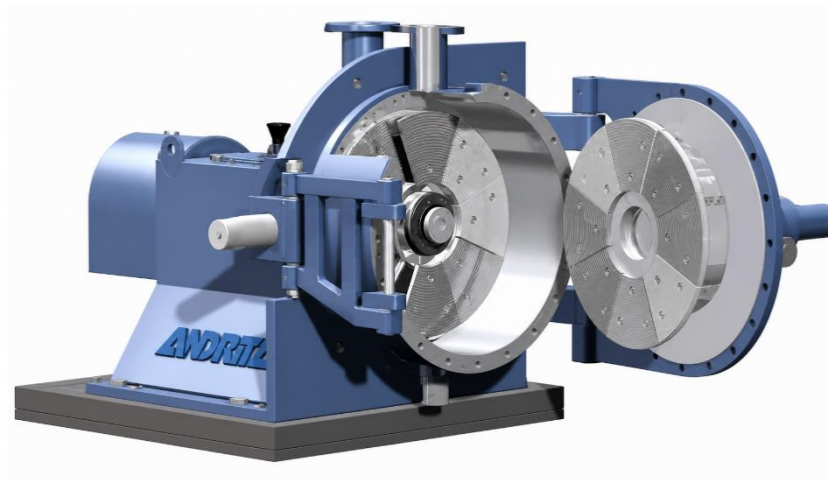


Рисунок 1.2 – Дводисковий рафінер ANDRITZ TF20

Рафінер TF20 характеризується низьким рівнем енергоспоживання, високою надійністю та стабільністю роботи. Конструкція обладнання забезпечує рівномірне навантаження на волокно та дозволяє гнучко регулювати параметри процесу розмелювання залежно від типу сировини. Крім того, модульна будова рафінера спрощує його інтеграцію у діючі технологічні лінії та полегшує технічне обслуговування обладнання.

Дводисковий рафінер TF20 оснащений дисками діаметром 20–24 дюйми та має максимальну встановлену потужність 315 кВт. Такі технічні характеристики забезпечують високу продуктивність обладнання при відносно низьких питомих енерговитратах та дозволяють ефективно використовувати його у виробництві санітарно-гігієнічних видів паперу.

Папероробна машина БП-83, що експлуатується на підприємстві, характеризується моральним і технічним зношенням, обмеженою швидкістю роботи та недостатнім рівнем автоматизації, що ускладнює забезпечення стабільної якості готової продукції. У зв'язку з цим доцільним є впровадження сучасного високопродуктивного обладнання для модернізації виробництва.

Для підвищення ефективності виробництва санітарно-гігієнічного паперу пропонується використання папероробної машини ANDRITZ PrimeLine™

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 13   |

марки S 2200 (рис. 1.3) [2], яка призначена для високошвидкісного виробництва туалетного паперу та інших видів санітарно-гігієнічної продукції. Машина забезпечує стабільну роботу на високих швидкостях та дозволяє отримувати продукцію преміальної якості завдяки використанню сучасних технологічних рішень. Конструкція машини передбачає застосування формувальної частини CrescentFormer, яка забезпечує рівномірне формування паперового полотна та покращує однорідність структури паперу.

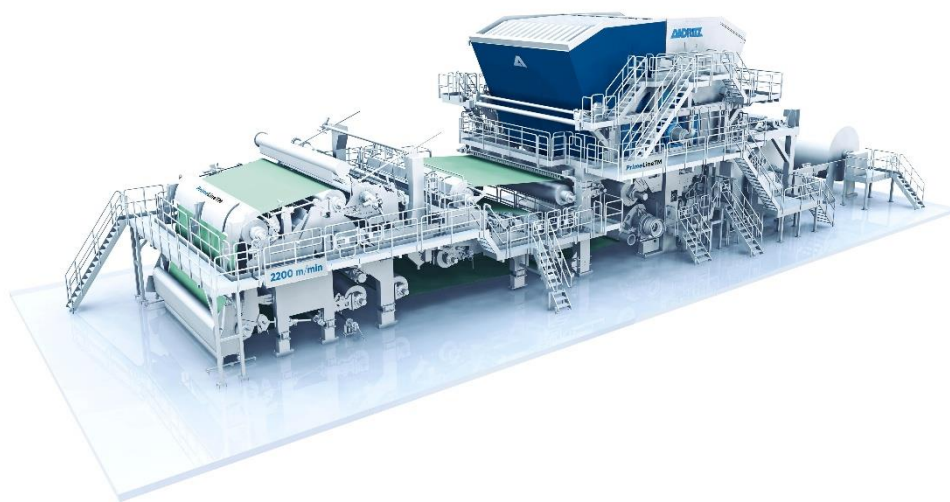


Рисунок 1.3 – Папероробна машина ANDRITZ PrimeLine™ марки S 2200

Однією з ключових переваг машини PrimeLine™ S 2200 є:

- використання сучасних технологічних модулів башмачний прес PrimePress XT Evo та PrimeDry Steel Yankee;
- застосування сталевго янкі-циліндра, що забезпечує ефективнішу теплопередачу та рівномірний розподіл температури по всій поверхні циліндра, що сприяє інтенсивнішому сушінню паперового полотна та зменшенню енергоспоживання.

Крім того, сучасні системи автоматизації Metris дозволяють здійснювати контроль і регулювання технологічних параметрів у режимі реального часу, що підвищує стабільність роботи обладнання та якість готової продукції [2].

Машина PrimeLine™ S 2200 має проектну швидкість до 2200 м/хв, ширину полотна на накатному валу 2850 мм та максимальну продуктивність до 140 т/добу. Обладнання може працювати як на первинному волокні, так і на макулатурній сировині, що забезпечує гнучкість виробництва та можливість адаптації до різних технологічних умов.

Пресова частина машини може бути виконана в одинарному, башмачному або подвійно-пресовому варіанті, що дозволяє оптимізувати процес зневоднення паперового полотна. Діаметр янкі-циліндра становить 12–18 футів залежно від комплектації, а система нагріву ковпака може працювати на газу, пару або у комбінованому режимі [2].

Використання PrimeLine™ марки S 2200 дозволяє:

- суттєво збільшити обсяги виробництва;
- підвищити економічну ефективність підприємства;
- завдяки високому рівню автоматизації зменшується вплив людського фактора на технологічний процес;
- стабільність параметрів виробництва сприяє отриманню продукції з високими показниками м'якості, міцності та поглинальної здатності.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 15   |

## 2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧОГО ПАПЕРУ

### 2.1 Характеристика сировини, хімікатів та санітарно-гігієнічного виду паперу

У виробництві туалетного паперу застосовується вибілена сульфатна целюлоза, отримана з хвойних порід деревини. Залежно від сфери використання целюлоза випускається різних марках (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Призначення різних марок сульфатної хвойної вибіленої целюлози.

| Марка целюлози | Призначення                                                                                                                                |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ХБ-0           | Використовується для виробництва паперу високих сортів, призначеного для друку, креслення, малювання, а також документного паперу.         |
| ХБ-1           | Застосовується у виробництві фотонапівпровідникового та електрофотографічного паперу, синтетичного шпону, а також шпалер.                  |
| ХБ-2           | Застосовується у виробництві пергаменту, а також масових видів паперу для друку, письма, креслення та малювання.                           |
| ХБ-4           | Використовується для виготовлення санітарно-гігієнічного паперу.                                                                           |
| ХБ-5           | Призначена для виробництва тонких і міцних видів паперу різного призначення, зокрема креслярського паперу та натуральної паперової кальки. |
| ХБ-6           | Служить основою для парафінованого паперу.                                                                                                 |
| ХБ-7           | Використовується у виробництві різних видів                                                                                                |

|  |                                              |
|--|----------------------------------------------|
|  | пакувального паперу та пакувального картону. |
|--|----------------------------------------------|

Згідно з нормативною документацією, для виробництва санітарно-гігієнічних видів паперу застосовується вибілена сульфатна целюлоза з хвойної деревини марки ХБ-4. Показники якості целюлози марки ХБ-4 наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Показники якості сульфатної хвойної вибіленої целюлози марки ХБ-4

| Назва показника                                                                                | Значення |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1. Механічна міцність під час розмелювання в млині до 60 °ШР: розривна довжина, км, не менше   | 7,4      |
| 2. Міцність на злам під час багаторазових перегинів, к.п.п., не менше                          | 700      |
| 2. Білість, %, не менше                                                                        | 87       |
| 3. рН водної витяжки                                                                           | 5,5-7,0  |
| 4. Засміченість, шт. для смітинок площею:<br>- від 0,1 до 1,0 мм <sup>2</sup> включ. не більше | 60       |
| - св. 1,0 до 2,0 мм <sup>2</sup> включ., не більше                                             | 2        |
| - св. 2,0 до 3,0 мм <sup>2</sup> включ., не більше                                             | 0        |
| - св. 3,0 мм <sup>2</sup>                                                                      | 0        |
| 5. Вологість, %, не більше                                                                     | 20       |

Для зниження вартості готової продукції до композиції санітарно-гігієнічного паперу додають вибілену сульфатну целюлозу марки ЛС-4, виготовлену із суміші листяних порід деревини, яка характеризується такими показниками якості:

- механічна міцність під час розмелювання до 60°ШР:
- розривна довжина – 6,0 км;
- абсолютний опір роздиранню, сН (гс), не менше 800

- білість, не менше 81 %;
- засміченість, шт., для смітинок площею
- від 0,1 до 1,0 мм<sup>2</sup> включно, не більше 120
- від 1,0 до 2,0 мм<sup>2</sup> включно, не більше 10
- від 2,0 до 3,0 мм<sup>2</sup> включно, не більше 5
- рН водневої витяжки 5,5 – 7,0;
- вологість, % не більше 20.

У процесі виробництва паперової основи для туалетного паперу застосовується поліамідна смола, модифікована епіхлоргідрином, марки Водамін-115 (ТУ У 6-00209355.081-2001). За фізико-хімічними показниками смола Водамін-115 повинна відповідати нормам, наведеним у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Фізико-хімічні показники смоли

| Найменування показника                                                                                     | Норма                       | Метод аналізу |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|
| 1.Зовнішній вигляд                                                                                         | Прозора світло-жовта рідина | за 5.1        |
| 2.Масова частка нелетких речовин /сухого залишку/, %                                                       | 14,0-16,0                   | за 5.2        |
| 3.Масова частка азоту/з перерахуванням на сухий залишок/,% :<br>- за мікрометодом<br>- за методом Кельдаля | 12,0-16,0<br>11,5-14,0      | за 5.3        |
| 4.Динамічна в'язкість за /25,0 ± 0,1/°С, мПа·с                                                             | 6 - 25                      | за 5.4        |
| 5.Реакція середовища, рН                                                                                   | 3,5 – 5,5                   | за 5.5        |

Смола Водамін-115 використовується у виробництві спеціальних видів паперу, паперу для покриття, електротехнічного паперу, фотопідкладок, а також паперу для пакування жиромістких продуктів, пресованих

хлібопекарських дріжджів, маргарину та дорожнього цукру-рафінаду. Крім того, її застосовують у виробництві опорного картону для фільтрації пива (марка ОК), безалкогольних напоїв (марка ТК) і освітлювального картону для фільтрації шампанських вин. Використання смоли Водамін-115 надає паперу підвищеної вологостійкості.

Показники якості паперу основи для виробництва туалетного паперу марки СГ-35 повинні відповідати нормам технічних умов ТУ У 17.1-05509659-033 : 2013 (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Показники якості паперу

| Назва показника                                                      | СГ -<br>35                         | Методи випробування           |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Маса паперу площею 1 м <sup>2</sup> , г                           | 35 <sup>+4,9</sup> <sub>-3,0</sub> | Згідно з ДСТУ 2297            |
| 2. Ступінь крейдування, %, не менше                                  | 5                                  | Згідно з ДСТУ 2334            |
| 3. Руйнівне зусилля, Н, не менше:                                    | 3,5                                | Згідно з ДСТУ 2334            |
| - у машинному напрямку                                               |                                    |                               |
| - у поперечному напрямку                                             | 2,2                                |                               |
| 4. Капілярне всмоктування в середньому за два напрямки, мм, не менше | 22                                 | Згідно нормативних документів |
| 5. рН водної витяжки,                                                | 4,5-8,0                            | Згідно нормативних документів |
| 6. Вологість, %                                                      | 6                                  | Згідно нормативних документів |
| 7. Вологоміцність, %                                                 | -                                  | Згідно нормативних документів |
| - без вологозміцнювальної речовини                                   |                                    |                               |
| - з вологозміцнювальною речовиною                                    | 9                                  | Згідно нормативних документів |
| 8. Білість, %:                                                       |                                    | Згідно з ДСТУ 2570            |
| - без оптичного вибілювача                                           | 80                                 |                               |

|                          |    |  |
|--------------------------|----|--|
| - з оптичним вибілювачем | 90 |  |
|--------------------------|----|--|

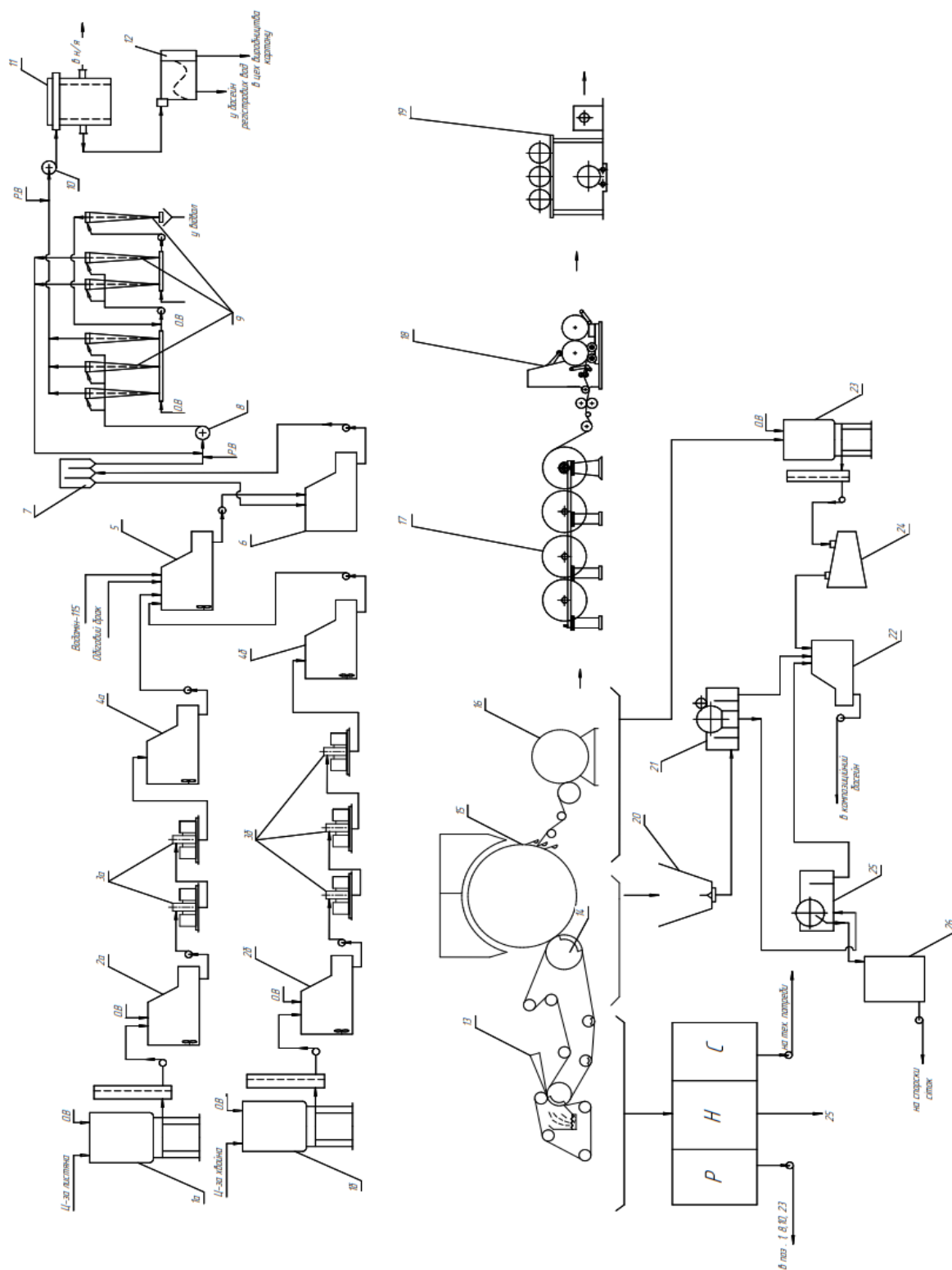
Мікробіологічні показники паперу основи для всіх марок повинні відповідати нормам, наведеним у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Мікробіологічні показники паперу

| Назва показника                                                                                 | Норма           | Метод контролювання       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більше | $1 \times 10^3$ | Згідно з СанПіН 4.4.3-134 |
| Лактопозитивні кишкові палички- загальні коліформи в 5,0 г                                      | Не допускаються | Згідно з СанПіН 4.4.3-134 |

## 2.2 Технологічна схема та її опис

Технологічну схему виробництва туалетного паперу з целюлози наведено на рис. 2.1.



## Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва туалетного паперу

Для виробництва паперу використовується композиція із 40 % хвойної вибіленої сульфатної целюлози та 60 % листяної вибіленої сульфатної целюлози. Такий склад забезпечує поєднання високої міцності паперу та необхідної м'якості й поглинальної здатності.

Хвойна целюлоза надходить до гідророзбивача (1б), а листяна целюлоза – до гідророзбивача (1а), де здійснюється їх розпуск за концентрації 3,5 %. Після гідророзбивачів (1а) та (1б) маса надходить до басейнів розпущеної маси (2а і 2б). Для підготовки волокнистої маси до формування паперового полотна використовується дводисковий рафінери (3а і 3б) марки ANDRITZ TF20. Для хвойної целюлози використовується більш інтенсивний режим розмелювання, оскільки довгі волокна забезпечують механічну міцність паперу. Приріст ступеня млива для хвойної целюлози становить 8–10 °ШР. Для листяної целюлози приріст ступеня млива відповідно 10–12 °ШР, що забезпечує підвищення м'якості та пухкості паперу. Кінцевий ступінь млива для волокнистих напівфабрикатів становить 32 °ШР.

Вибір даного обладнання для процесу розмелювання обумовлений його високою енергоефективністю, можливістю низькоінтенсивного розмелювання та мінімальним пошкодженням структури волокон. Рафінер забезпечує рівномірний вплив на волокнисту масу та дозволяє зберігати довжину волокон хвойної целюлози, що позитивно впливає на міцність готового паперу. Дводискова конструкція забезпечує стабільність процесу та зменшує питомі витрати електроенергії.

Після рафінерів (3а і 3б) маса надходить в басейни розмеленої маси (4а і 4б). Потім маса з басейнів розмеленої маси перекачується за допомогою насосів у композиційний басейн (5). В композиційний басейн додається, окрім розмеленої маси, обіговий брак у кількості 7 % та Водамін-115. Після композиційного басейну маса перекачається насосом у машинний басейн (6). Маса зі машинного басейну надходить у бак постійного рівня (7). Перед подачею до очисного обладнання маса перекачується через змішувальний насос

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 22   |

№2 (8), де її розбавляють реєстровою водою, щоб досягнути концетрації 0.7304%. Для очищення маси від мінеральних домішок, що були отримані під час процесу масопідготовки використовують установку конічних вихрових очисників (9). УВК складається з трьох ступенів. Спочатку маса поступає на перший ступінь, де за рахунок відцентрової сили домішки відкидаються на стінки корпусу та осідають. Відходи після першого ступеня сортування направляються на другий ступінь сортування. Очищена маса на цьому ступені сортування направляється на перший ступінь сортування для повторного очищення, а відходи направляються на третій ступінь очищення. Відходи третього ступеня видаляються, а очищена маса направляється на другий ступінь очищення. Очищена маса після УВК перекачується до змішувального насосу №1 (10), куди додають реєстрову воду розбавляючи масу до концентрації 0,503%, підготовлюючи масу до наступної стадії грубого очищення.

В селектифайері (11) відбувається видалення забруднень волокнистого характеру, наприклад, пучки волокон, вузли та згустки. Маса під тиском подається у верхню частину селектифайєра через тангенціально розташований штуцер. Під дією відцентрових сил та обертання лопатей ротора очищена волокниста суспензія проходить крізь ситову поверхню й відводиться через вихідний штуцер. Після очищення від грубих і волокнистих домішок маса надходить до напірного ящика (12). Відходи осідають і направляються у селектифайєр. Очищена маса направляється в цех виробництва картону.

Формуюча частина типу CrescentFormer за конструкцією подібна до перевернутого C-Wrap Former, у якому напірний ящик (13) розташований у верхній частині установки. Відмінністю даної системи є використання сукна замість передавальної сітки, що усуває необхідність перенесення паперового полотна із сітки на пресове сукно. Завдяки цьому конструкція є більш компактною, а також забезпечує стабільніше формування полотна та вищу якість готової продукції.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Із напірного ящика (13) маса концентрацією 0,5 % надходить на формувальний вал CrescentFormer. Діаметр формувального валу становить 1500 мм. Формування полотна відбувається між формувальною сіткою та пресовим сукном, які утворюють стійку систему формування без обмеження робочих режимів машини. Сухість після формуючої частини становить 20%.

Сформоване паперове полотно переноситься на сукно та подається до башмачного преса PrimePress XT Evo (14). Башмачний прес працює у контакті з янкі-циліндром (15), що забезпечує ефективне видалення води з полотна. Конструкція преса включає лише дві рухомі частини та створює подовжену зону контакту, завдяки чому зменшується максимальний питомий тиск на папір. Це сприяє підвищенню пухкості паперу, збільшенню сухості після пресування та зниженню енерговитрат на сушіння. Рухомий башмак преса дозволяє регулювати тиск у зоні пресування та впливати на властивості готового паперу. Після пресової частини сухість становить 45%

Після башмачного преса PrimePress XT Evo (14) паперове полотно надходить на поверхню янкі-циліндра (15). Сушіння паперу здійснюється контактним-конвективним способом. Сушильна частина складається з янкі-циліндра (15) та ковпака з подвійною системою подачі пари. Насичена пара, що надходить із котельні, через термокомпресор подається всередину янкі-циліндра. Частина відпрацьованої пари повертається із системи та повторно використовується в циклі. Видалення конденсату відбувається разом із частиною пари за рахунок перепаду тиску. Після сепарації пара знову повертається до янкі-циліндра через термокомпресор.

Секції ковпака розташовані на відстані близько 20 мм від поверхні янкі-циліндра та подають гаряче повітря безпосередньо на паперове полотно. Волога, що видаляється з полотна, відводиться потоком повітря, проходить стадії рекуперації тепла та після очищення викидається в атмосферу. Після сушильної частини сухість паперу становить 96%. Очищення поверхні янкі-циліндра здійснюється очищувальним шабером, а відокремлення паперового

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 24   |

полотна від поверхні циліндра здійснюється крепувальним шабером. Після сушіння папір подається на розкат дублюючої машини (18).

Мокрий брак спочатку надходить до гауч-мішалки (20) за концентрації 0,8%, потім перекачується до шаберного згущувача (21). Згущувач згущує масу до концентрації 3,5%, далі ця маса направляється в басейн обігового браку (32). Маса з басейну обігового браку надходить в композиційний басейн.

Сухий брак переробляється за допомогою гідророзбивача сухого браку (33). Розпускання браку проводиться за допомогою реєстрової води, яка поступає з басейну реєстрових вод. Після гідророзбивача маса перекачується за допомогою насосу в пульсаційний млин (33). Млин додаткового обробляє масу, і з нього маса надходить в басейну обігового браку.

Регістрові води, концентрація волокна в яких становить 0,1855% мають ключову роль в виробництві. Її використовують для розпуку целюлози, браку та розбавлення маси в змішувальному насосі №1 та №2.

### **2.3 Теоретичні відомості про основні технологічні процеси виробництва санітарно-гігієнічного виду паперу**

Розмелювання волокнистої маси належить до найважливіших технологічних процесів у виробництві паперу, оскільки саме на цьому етапі формуються основні властивості майбутнього паперового полотна. Під час процесу волокнисті напівфабрикати піддаються механічній дії у водному середовищі, внаслідок чого змінюється структура волокон і підвищується їх здатність до взаємного зв'язування. Саме це забезпечує необхідні фізико-механічні характеристики готової продукції [4].

Для виготовлення санітарно-гігієнічного паперу важливо отримати матеріал, який одночасно характеризується достатньою міцністю, м'якістю та високою поглинальною здатністю. Досягнення такого поєднання можливе завдяки помірному та контрольованому розмелюванню, за якого волокна не зазнають надмірного руйнування. У процесі механічної обробки поверхня волокон частково розшаровується, що призводить до утворення додаткових

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

мікрОВОЛОКОН і збільшення активної поверхні. Це сприяє формуванню більшої кількості водневих зв'язків між волокнами.

Під час проходження розмелювання волокна багаторазово стискаються, згинаються та піддаються тертю між робочими елементами млина. У результаті вони стають більш еластичними та пластичними, що позитивно впливає на структуру і рівномірність паперового полотна. Для виконання цього процесу використовують ролові або дискові млини, які забезпечують необхідний ступінь обробки волокнистої маси.

Окрім змін поверхні волокон, у процесі розмелювання відбуваються внутрішні структурні перетворення. Волокна частково набухають і гідратуються, завдяки чому підвищується їх гнучкість та здатність до формування щільних міжволоконних контактів. Разом із тим надмірна гідратація може ускладнювати процес зневоднення паперової маси, тому режим розмелювання підбирають залежно від вимог до готової продукції [4].

Надто інтенсивне розмелювання є небажаним для виробництва санітарно-гігієнічного паперу, оскільки воно призводить до укорочення волокон, зниження пухкості та погіршення всмоктувальних властивостей матеріалу. З цієї причини велике значення мають параметри процесу: тривалість обробки, концентрація волокнистої суспензії, тип розмелювального обладнання та величина зазору між робочими поверхнями млина.

Контроль процесу здійснюють за ступенем млива, який визначають у градусах Шоппера–Ріглера (°ШР), а також за середньою довжиною волокон. Такий режим дозволяє забезпечити достатню міцність паперу, хорошу зневоднюваність та необхідні показники м'якості й пухкості поверхні [4].

Процес формування паперового полотна є однією з основних стадій виробництва паперу, під час якої водна волокниста суспензія перетворюється на безперервне полотно із заданими характеристиками. На сітковій частині папероробної машини волокна рівномірно розподіляються по поверхні сітки та утворюють шар певної товщини і маси. Одночасно відбувається інтенсивне

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 26   |

видалення води за рахунок гравітаційного стікання, дії вакууму та механічного зневоднення.

Зневоднення маси на сітці фактично є процесом фільтрації, під час якого із суспензії вилучається більша частина води до 98 %. Ефективність цього процесу залежить від багатьох технологічних чинників, серед яких концентрація волокнистої маси, температура, швидкість руху сітки, конструкція сіткового столу, рН середовища та властивості самих волокон.

Для отримання рівномірної структури паперу важливе значення має ступінь розбавлення маси. Менш концентрована суспензія забезпечує кращий розподіл волокон по поверхні сітки, що особливо необхідно під час виробництва тонких санітарно-гігієнічних видів паперу. Волокна у такій системі перебувають у більш стабільному стані завдяки електростатичному відштовхуванню. Проте зі збільшенням концентрації маси та довжини волокон підвищується ризик утворення флокул, які погіршують однорідність паперового полотна та негативно впливають на його міцність.

Зазвичай концентрація маси перед подачею на сітку перебуває у межах 0,15–1,1 %. Більш розмелені волокна допускають роботу при дещо вищій концентрації, однак при цьому процес видалення води сповільнюється. Саме тому режим формування підбирають залежно від ступеня млива та типу продукції.

Властивості волокнистої сировини також істотно впливають на процес формування полотна. Довгі волокна хвойної целюлози мають підвищену схильність до агрегування, тоді як короткі волокна листяної целюлози забезпечують більш рівномірний розподіл маси. Для покращення структури паперу часто використовують композиції з різних видів волокон. Негативний вплив на процес може чинити й повітря, що міститься у масі у вигляді дрібних бульбашок. Їх наявність сприяє скупченню волокон, тому деаерація маси дозволяє підвищити однорідність полотна та інтенсифікувати зневоднення.

Під час проходження води через сітку формується волокнистий фільтрувальний шар, який утримує не лише волокна, а й дрібнодисперсні

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

частинки, наповнювачі та проклеювальні речовини. Втрата цих компонентів через сітку небажана, оскільки це призводить до погіршення якості паперу та збільшення навантаження на систему очищення води.

Важливим параметром є співвідношення швидкості руху сітки та швидкості подачі маси. При недостатній швидкості потоку волокна переважно орієнтуються вздовж руху полотна, що спричиняє нерівномірність властивостей у різних напрямках. Якщо ж швидкість подачі надто висока, можуть виникати хвилі та порушення структури полотна. У промислових умовах це співвідношення підтримують у межах 0,90–0,98.

На інтенсивність зневоднення значно впливає вакуум у відсмоктувальних елементах папероробної машини. Підвищення вакууму сприяє швидшому видаленню води, проте при високому ступені розмелювання або значній товщині шару ефективність фільтрації знижується. Важливим фактором є й температура води: її підвищення зменшує в'язкість, що покращує проходження води через волокнистий шар. У виробничих умовах волокнисту масу іноді нагрівають до 50 °С для інтенсифікації процесу формування.

Сучасні високошвидкісні папероробні машини забезпечують короткочасне формування полотна, що дозволяє зменшити флокуляцію волокон та отримати більш однорідну структуру паперу. Завдяки цьому підвищуються якість продукції та стабільність технологічного процесу [5].

Сушіння паперового полотна є одним із завершальних етапів технологічного процесу, під час якого остаточно формуються основні властивості санітарно-гігієнічного паперу. Саме на цій стадії визначаються показники м'якості, пухкості, пористості та здатності матеріалу поглинати вологу. У виробництві паперу такого призначення найчастіше використовують контактно-конвективний спосіб сушіння із застосуванням янкі-циліндра [6].

Основне видалення вологи відбувається під час контакту паперового полотна з нагрітою поверхнею янкі-циліндра. Частина теплової енергії передається безпосередньо через поверхню циліндра, тоді як додаткове нагрівання забезпечується потоком гарячого повітря у сушильному ковпаку.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 28   |

Таким чином поєднуються контактний, конвективний та інфрачервоний механізми теплообміну, що дозволяє інтенсифікувати процес сушіння.

Сучасні сушильні установки оснащують високоефективними ковпаками, у яких циркулює гаряче повітря. Його нагрівання здійснюється за допомогою парових калориферів або газових систем, що дозволяє досягати температур понад 180–300 °С. Використання високошвидкісних потоків повітря значно підвищує швидкість випаровування вологи та покращує енергоефективність процесу.

Ефективність сушіння залежить від низки технологічних параметрів: температури поверхні янкі-циліндра, швидкості руху гарячого повітря, площі контакту полотна з циліндром, а також співвідношення теплових потоків між сушильним ковпаком і контактною поверхнею. Правильний вибір режиму сушіння дозволяє забезпечити необхідну сухість полотна перед подальшою обробкою, яка зазвичай становить 70–95 %.

Після сушіння паперове полотно надходить на стадію крепування. Цей процес є характерною операцією для виробництва санітарно-гігієнічних видів паперу та використовується для надання матеріалу м'якості, еластичності, пухкості та високої поглинальної здатності [7].

Суть крепування полягає у механічному деформуванні паперу під час його відокремлення від поверхні янкі-циліндра спеціальним шабером. У момент зняття полотна виникають локальні деформації та стискання поверхневих шарів, у результаті чого формується характерна хвиляста структура яка є крепом. Саме вона забезпечує підвищену об'ємність і м'якість готового паперу.

Характер крепування значною мірою залежить від вологості полотна у момент його відділення від циліндра. Найбільш інтенсивним вважається сухе крепування, яке виконують при вологості приблизно 3–10 %. За таких умов полотно щільно прилягає до поверхні янкі-циліндра, що сприяє утворенню глибокого та вираженого крепу.

За вологості 15–25 % застосовують напівсухе крепування. Такий спосіб дозволяє отримати менш виражену хвилясту структуру, проте забезпечує кращий контроль геометрії складок та стабільність процесу. Вологе крепування здійснюють при значно більшій вологості полотна близько 40–50 %. У цьому випадку формується дуже м'яка структура з дрібним крепом, однак технологічна реалізація такого способу є складнішою, тому його використовують рідше.

Поєднання правильно підібраних режимів сушіння та крепування дозволяє отримати санітарно-гігієнічний папір із необхідними показниками м'якості, міцності та вологопоглинальної здатності.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



### 3.2 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

В табл. 3.1 наведено вихідні дані для розрахунку матеріального балансу.

Таблиця 3.1. – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу води і волокна виробництва туалетного паперу зі 100 % целюлози

| Найменування статей                                          | Вихідні дані      |                         |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
|                                                              | Дані підприємства | Приймаємо до розрахунку |
| <b>1. Концентрація маси на різних стадіях виробництва, %</b> |                   |                         |
| На накаті                                                    | 94,0-96,0         | 96,0                    |
| Після пресів                                                 | 38,0-42,0         | 45,0                    |
| Після вала «Пікап»                                           | 18,0-20,0         | 20,0                    |
| Після відсмоктувальних ящиків                                | 10,0-12,0         | 12,0                    |
| Після реєстрової частини                                     | 2,5-3,8           | 6,0                     |
| В напірному ящику                                            | 0,5-0,65          | 0,5                     |
| В баці постійного рівня                                      | 3,2-3,5           | 3,50                    |
| В композиційному басейні                                     | 3,2-3,5           | 3,50                    |
| В машинному басейні                                          | 3,2-3,5           | 3,50                    |
| В басейні оборотного браку                                   | 3,2-3,5           | 3,50                    |
| Скоп після дискового фільтра                                 | 3,2-3,5           | 3,50                    |
| Згущувач                                                     | 3,2-3,5           | 3,50                    |
| Гідророзбивач сухого браку                                   | 3,2-3,5           | 3,50                    |
| Гауч-мішалка                                                 | 0,8-1,0           | 0,80                    |
| Басейн оборотного браку                                      | 3,2-3,5           | 3,50                    |
| Після селективфайера                                         | 0,6-0,7           | 0,60                    |
| Після змішувального насоса №1                                | 0,60-0,65         | 0,503                   |
| Після змішувального насоса №2                                | 0,70-0,75         | 0,7304                  |
| Після центриклинерів 1 ступеня                               | 0,67-0,71         | 0,70                    |
| Після центриклинерів 2 ступеня                               | 0,40-0,43         | 0,40                    |
| <b>2. Концентрація відхідних вод, %</b>                      |                   |                         |
| Регістрова вода                                              | 0,17-0,20         | 0,1800                  |
| Підсіткові води                                              | 0,003-0,004       | 0,0040                  |
| Відсмоктувальних ящиків                                      | 0,10-0,12         | 0,10                    |
| Пресові води                                                 | 0,10              | 0,10                    |
| Від промивання сітки                                         | 0,003-0,004       | 0,0040                  |
| Від промивання сукон                                         | 0,001             | 0,0010                  |
| Прояснених вод після дискового фільтра                       | 0,001             | 0,0010                  |

|                                                          |           |         |
|----------------------------------------------------------|-----------|---------|
| Від плоскої сортувалки                                   | 0,48-0,62 | 0,60    |
| Згущувача                                                | 0,03-0,04 | 0,18    |
| <b>3. Витрата свіжої та надлишкової води, л/т паперу</b> |           |         |
| Свіжа вода на промивання сіток                           | 15000,0   | 16500,0 |
| Свіжа вода на спорски і відсічки відсмоктувальних ящиків | 8500,0    | 8500,0  |
| Свіжа вода на промивання сукон                           | 7000,0    | 9200,0  |
| Свіжа вода на відсічки на гауч-валі                      | 3000,0    | 2550,0  |
| Надлишкова вода на сортувалку                            | 900,0     | 850,0   |
| <b>4. Витрата хімікатів, л/т паперу</b>                  |           |         |
| <b>5. Кількість браку, % від маси паперу</b>             |           |         |
| В процесі оброблення паперу                              | 1,5       | 1,0     |
| На накаті                                                | 2,5       | 1,0     |
| В процесі сушіння паперу                                 | 2,0       | 2,0     |
| Мокрий брак                                              | 2,0       | 1,5     |
| Після гауч-валу                                          | 1,5       | 1,5     |
| <b>6.Композиція паперу, %</b>                            |           |         |
| целюлоза хвойна вибілена                                 | 35,0-40,0 | 40      |
| целюлоза листяна вибілена                                | 60,0-65,0 | 60      |
| <b>7. Концентрація відходів сортування, %</b>            |           |         |
| Відходи селективфайера                                   | 1,5       | 0,80    |
| Центриклинерів 1 ступеня                                 | 1,1       | 1,20    |
| Центриклинерів 2 ступеня                                 | 0,7       | 0,70    |
| Центриклинерів 3 ступеня                                 | 0,72      | 0,67    |
| Відходи плоскої сортувалки                               | 4,0       | 4,00    |
| <b>8. Сухість початкових напівфабрикатів %</b>           |           |         |
| Хвойна целюлоза                                          | 88,0      | 88,0    |
| Листяна целюлоза                                         | 88,0      | 88,0    |
| <b>9. Кількість відходів сортування, % (кг/т)</b>        |           |         |
| Цетриклинери 1 ступеня                                   | 5,0 %     | 5,00 %  |
| Цетриклинери 3 ступеня                                   | 1,5 кг    | 0,99 кг |
| Селективфайер                                            | 1,0 %     | 1,10 %  |

### 3.3 Розрахунок матеріального балансу води та волокна

#### Склад готової продукції

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

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

Повздовжно-різальний верстат (ПРВ) З урахуванням 1% браку, що утворюється під час оброблення паперу ( $1000 \cdot 0,01 = 10$  кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на ПРВ повинно поступити  $1000 + 10 = 1010$  кг. В папері, що проходить через ПРВ міститься:

абсолютно–сухого волокна  $1010 \cdot 0,96 = 969,6$  кг,

води  $1010,0 - 969,6 = 40,4$  кг.

#### Накат

З урахуванням 1% браку, що утворюється під час намотування паперу ( $1000 \cdot 0,01 = 10$  кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на накат повинно надійти  $1010 + 10 = 1020$  кг п/с паперу.

З урахуванням вологи, в папері, що проходить через накат, міститься:

абсолютно–сухого волокна  $1020 \cdot 0,96 = 979,2$  кг,

води  $1020 - 979,2 = 40,8$  кг.

#### Сушильна частина

З урахуванням 2% сухого браку через сушильну частину повинно пройти паперу:  $1020 + 20 = 1040$  кг.

С сухим браком відійшло:

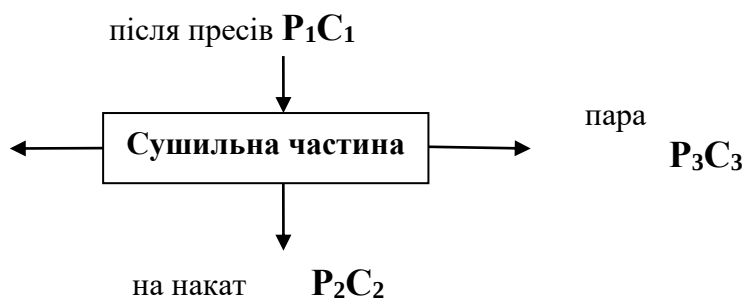
- волокна  $20 \cdot 0,96 = 19,2$  кг; - води  $20 - 19,2 = 0,8$  кг.

Загальна кількість волокна, що надходить в сушильну частину

$979,2 + 19,2 = 998,4$  кг.

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

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 34   |



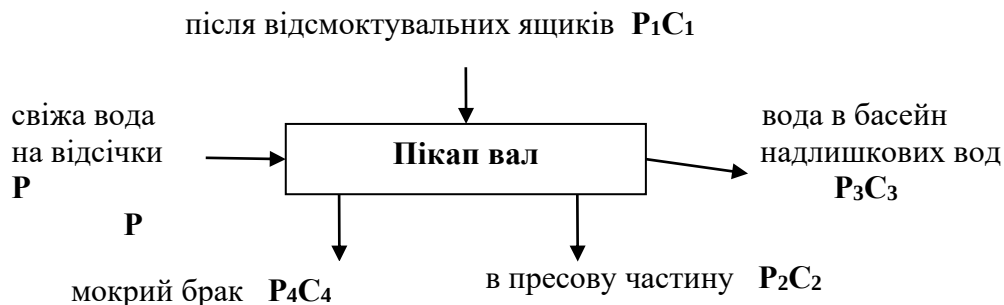
| Найменування       | Маса, кг       | Концентрація, % | Волокно, кг   | Вода, кг       |
|--------------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|
| Після пресів       | 2218,67        | 45,00           | 998,40        | 1220,27        |
| Надійшло(всього)   | <b>2218,67</b> |                 | <b>998,40</b> | <b>1220,27</b> |
| На накат           | 1020,00        | 96,00           | 979,20        | 40,80          |
| Втрати пару        | 1178,67        | 0,00            | 0,00          | 1178,67        |
| В г/розб.сух.браку | 20,00          | 96,00           | 19,20         | 0,80           |
| Пішло (всього)     | <b>2218,67</b> |                 | <b>998,40</b> | <b>1220,27</b> |

Пресова частина



| Найменування        | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг    | Вода, кг        |
|---------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Після вала «Пікап»  | 5040,24         | 20,00           | 1008,05        | 4032,19         |
| Св.вода на пр.сукон | 9200,00         | 0,00            | 0,00           | 9200,00         |
| Надійшло(всього)    | <b>14240,24</b> |                 | <b>1008,05</b> | <b>13232,19</b> |
| На сушіння          | 2218,67         | 45,00           | 998,40         | 1220,27         |
| Пресові води        | 2806,58         | 0,1000          | 2,81           | 2803,77         |
| Води в/пром.сукон   | 9200,00         | 0,0010          | 0,09           | 9199,91         |
| В г/зміш.мокр.браку | 15,00           | 45,00           | 6,75           | 8,25            |
| Пішло (всього)      | <b>14240,24</b> |                 | <b>1008,05</b> | <b>13232,19</b> |

### Вал «Пікап»



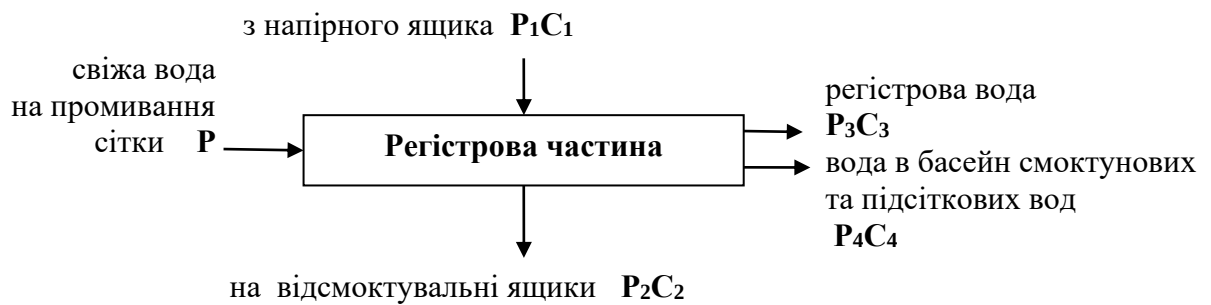
| Найменування          | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг    | Вода, кг       |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Після відсм.ящиків    | 8427,38         | 12,00           | 1011,29        | 7416,09        |
| Св.вода на відсічки   | 2550,00         | 0,00            | 0,00           | 2550,00        |
| Надійшло(всього)      | <b>10977,38</b> |                 | <b>1011,29</b> | <b>9966,09</b> |
| На пресову.частину    | 5040,24         | 20,00           | 1008,05        | 4032,19        |
| Води від вала «Пікап» | 5922,14         | 0,0040          | 0,24           | 5921,90        |
| В г/зміш.мокр.браку   | 15,00           | 20,00           | 3,00           | 12,00          |
| Пішло (всього)        | <b>10977,38</b> |                 | <b>1011,29</b> | <b>9966,09</b> |

### Відсмоктувальні ящики



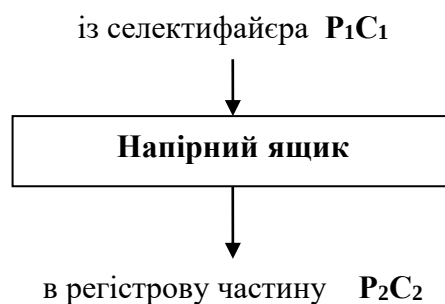
| Найменування            | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------|----------|-----------------|-------------|----------|
| Після реєстр.частини    | 17141,66 | 6,00            | 1028,50     | 16113,16 |
| Св.вода на відсічки     | 8500,00  | 0,00            | 0,00        | 8500,00  |
| Надійшло(всього)        | 25641,66 |                 | 1028,50     | 24613,16 |
| На вал «Пікап»          | 8427,38  | 12,00           | 1011,29     | 7416,09  |
| В бас.смокт.та підс.вод | 17214,28 | 0,1000          | 17,21       | 17197,07 |
| Пішло (всього)          | 25641,66 |                 | 1028,50     | 24613,16 |

### Реєстрова частина



| Найменування             | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг    | Вода, кг        |
|--------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Після н.ящика            | 11970,24        | 0,50            | 1559,85        | 10410,38        |
| Свіжа вода на пром.сітки | 16500,00        | 0,000           | 0,00           | 16500,00        |
| Надійшло(всього)         | <b>28470,24</b> |                 | <b>1559,85</b> | <b>26910,38</b> |
| На відсм.ящики           | 17141,66        | 6,00            | 1028,50        | 16113,16        |
| Регістрові води          | 94828,57        | 0,1800          | 530,69         | 94297,88        |
| В бас.смокт.та підс.вод  | 16500,00        | 0,0040          | 0,66           | 16499,34        |
| Пішло (всього)           | <b>28470,24</b> |                 | <b>1559,85</b> | <b>26910,38</b> |

### Напірний ящик



Зважаючи на те, що в напірному ящику не відбувається зміни потоків маси та їх концентрації, можна записати, що:  $P_3 = 26910,38$ ;  $C_3 = 0,5\%$

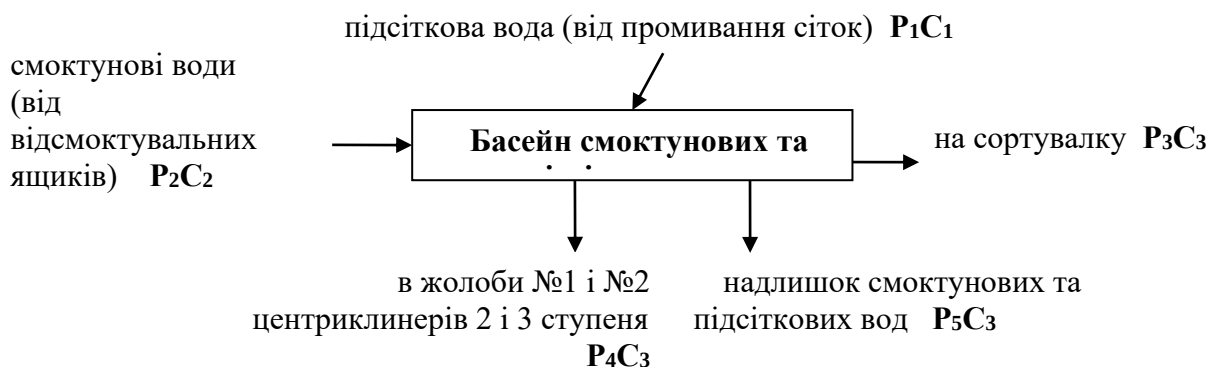
### Селектифайєр

ііз змішувального насоса №1  $P_1C_1$



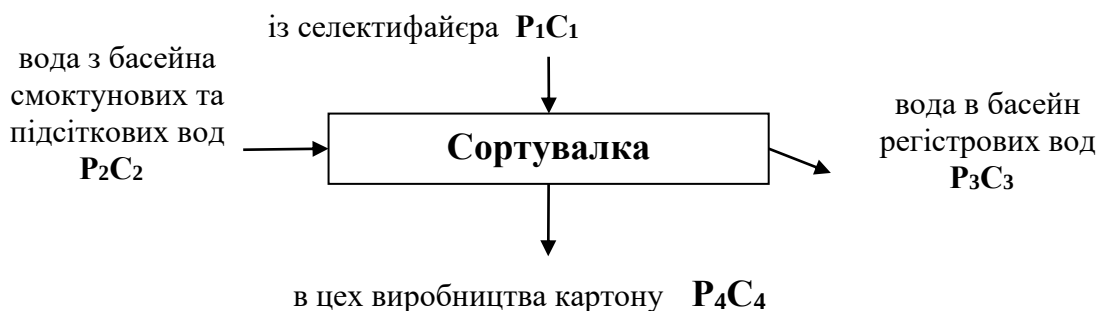
| Найменування        | Маса, кг         | Концентрація, % | Волокно, кг    | Вода, кг         |
|---------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Після зміш.нас.№1   | 315089,62        | 0,5030          | 1584,81        | 313504,82        |
| Надійшло(всього)    | <b>315089,62</b> |                 | <b>1584,81</b> | <b>313504,82</b> |
| На н/ящик           | 311970,24        | 0,5000          | 1559,85        | 310410,38        |
| На плоску сортувал. | 3119,39          | 0,8000          | 24,96          | 3094,43          |
| Пішло (всього)      | <b>315089,62</b> |                 | <b>1584,81</b> | <b>313504,82</b> |

### Басейн смоктунових та підсіткових вод



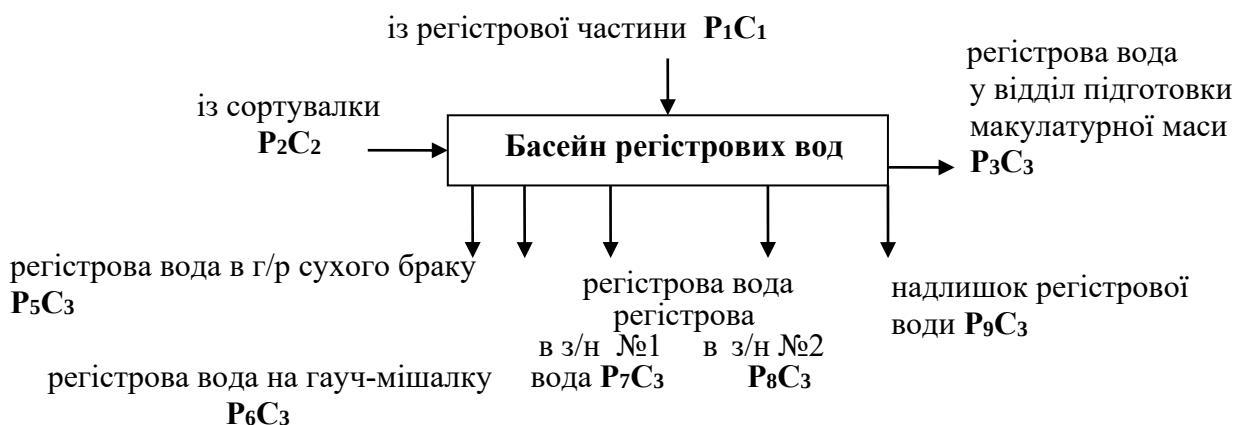
Отже, середньозважена масова частка волокна в басейні смоктунових та підсіткових вод =  $(17,24 \cdot 100)/313504,82 = 0,0530\%$ . Таким чином,  $C_3 = 0,0530\%$ .

### Сортувалка



| Найменування           | Маса, кг       | Концентрація, % | Волокно, кг  | Вода, кг       |
|------------------------|----------------|-----------------|--------------|----------------|
| З бас.сосун.і підс.вод | 850,00         | 0,0530          | 0,45         | 849,55         |
| Після селективфайера   | 3119,39        | 0,8000          | 24,96        | 3094,43        |
| Надійшло(всього)       | <b>3969,39</b> |                 | <b>25,41</b> | <b>3943,98</b> |
| В бас.реєстр.вод       | 3922,64        | 0,6000          | 23,54        | 3899,10        |
| Відходи                | 46,78          | 4,0000          | 1,87         | 44,91          |
| Пішло (всього)         | <b>3969,39</b> |                 | <b>25,41</b> | <b>3943,98</b> |

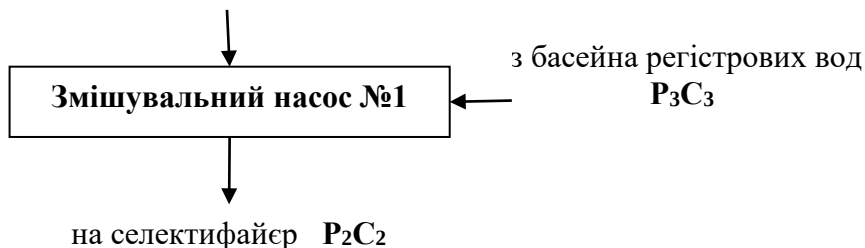
### Басейн реєстрових вод



Отже, середньозважена масова частка волокна в басейні реєстрових вод  
 $= (557,44 \cdot 100) / 300526,01 = 0,1855\%$ . Таким чином  $C_3 = 0,1855\%$ .

### Змішувальний насос №1

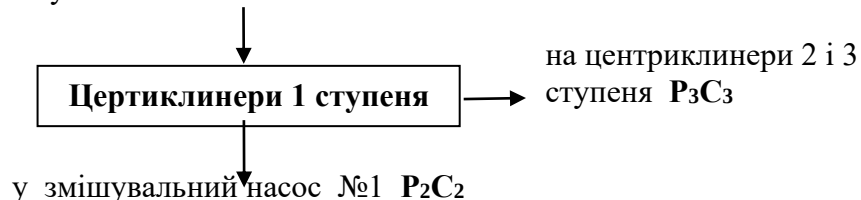
від центриклинерів 1 ступеня  $P_1C_1$



| Найменування         | Маса, кг         | Концентрація, % | Волокно, кг    | Вода, кг         |
|----------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Регістова вода       | 120668,37        | 0,1855          | 223,86         | 120444,51        |
| Після центрикл. Іст. | 194421,25        | 0,7000          | 1360,95        | 193060,30        |
| Надійшло(всього)     | <b>315089,62</b> |                 | <b>1584,81</b> | <b>313504,82</b> |
| На селективайер      | 315089,62        | 0,5030          | 1584,81        | 313504,82        |
| Пішло (всього)       | <b>315089,62</b> |                 | <b>1584,81</b> | <b>313504,82</b> |

### Центриклинери 1 ступеня

із змішувального насоса №2  $P_1C_1$



| Найменування              | Маса, кг         | Концентрація, % | Волокно, кг    | Вода, кг         |
|---------------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Після зміш.насоса №2      | 207007,30        | 0,7304          | 1511,98        | 205495,32        |
| Надійшло(всього)          | <b>207007,30</b> |                 | <b>1511,98</b> | <b>205495,32</b> |
| На змішув.насос №1        | 194421,25        | 0,7000          | 1360,95        | 193060,30        |
| На центрикл. II і III ст. | 12586,04         | 1,2000          | 151,03         | 12435,01         |
| Пішло (всього)            | <b>207007,30</b> |                 | <b>1511,98</b> | <b>205495,32</b> |

### Центриклинери 2 і 3 ступеня



| Найменування           | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|------------------------|----------|-----------------|-------------|----------|
| Після центрикл. І ст.  | 12586,04 | 1,2000          | 151,03      | 12435,01 |
| З бас.сосун.і підс.вод | 28901,51 | 0,0530          | 15,32       | 28886,19 |
| Надійшло(всього)       | 41487,56 |                 | 166,36      | 41321,20 |
| В змішув.насос №2      | 41337,56 | 0,4000          | 165,35      | 41172,21 |
| Відходи у відвал       | 150,00   | 0,6700          | 1,01        | 149,00   |
| Пішло (всього)         | 41487,56 |                 | 166,36      | 41321,20 |

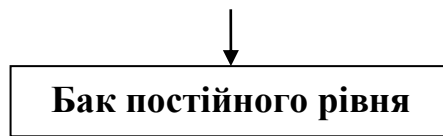
### Змішувальний насос № 2



| Найменування           | Маса, кг         | Концентрація, % | Волокно, кг    | Вода, кг         |
|------------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Регістова вода         | 134313,76        | 0,1855          | 249,17         | 134064,59        |
| Від центриклин. II ст. | 41337,56         | 0,4000          | 165,35         | 41172,21         |
| З БПР                  | 31406,73         | 3,5000          | 1099,24        | 30307,49         |
| Надійшло(всього)       | <b>207007,30</b> |                 | <b>1511,98</b> | <b>205495,32</b> |
| На центрикл. І ст.     | 207007,30        | 0,7304          | 1511,98        | 205495,32        |
| Пішло (всього)         | <b>207007,30</b> |                 | <b>1511,98</b> | <b>205495,32</b> |

### Бак постійного рівня

з машинного басейна  $P_1C_1$



в змішувальний насос №2  $P_2C_2$

$P_2 = 30258,52$  кг;  $C_2 = 3,5$  %. Зважаючи на те, що в баці постійного рівня не відбувається зміни потоків маси та їх концентрації, можна записати, що:

$P_1 = 30258,52$  кг;  $C_1 = 3,5$  %.

### Машинний басейн

з композиційного басейна  $P_1C_1$



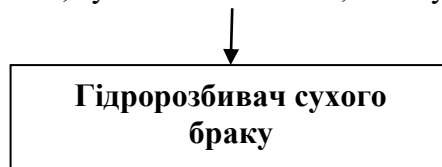
в бак постійного рівня  $P_2C_2$

Зважаючи на те, що в баці постійного рівня не відбувається зміни потоків маси та їх концентрації, можна записати, що:  $P_1 = 30258,52$  кг;  $C_1 = 3,5$  %.

## **Розрахунок блоків перероблення сухого та мокрого браку**

### Гідророзбивач сухого браку

відходи з ПРВ, сушильної частини, накату  $P_1C_1$

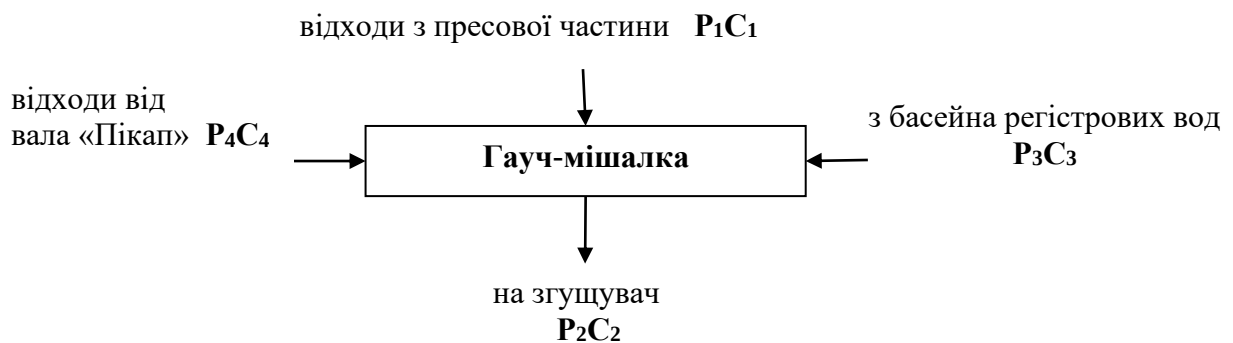


з басейна реєстрових вод  
 $P_3C_3$

в басейн оборотного браку  
 $P_2C_2$

| Найменування           | Маса,<br>кг    | Концентрація,<br>% | Волокно,<br>кг | Вода,<br>кг    |
|------------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| З ПРС                  | 10,00          | 96,00              | 9,60           | 0,40           |
| З накату               | 10,00          | 96,00              | 9,60           | 0,40           |
| Зсушіння               | 20,00          | 96,00              | 19,20          | 0,80           |
| З бас-ну рег.вод       | 1116,30        | 0,1855             | 2,07           | 1114,23        |
| Надійшло(всього)       | <b>1156,31</b> |                    | <b>40,47</b>   | <b>1115,84</b> |
| В басейн<br>обор.браку | 1156,30        | 3,5000             | 40,47          | 1115,83        |
| Пішло (всього)         | <b>1156,31</b> |                    | <b>40,47</b>   | <b>1115,84</b> |

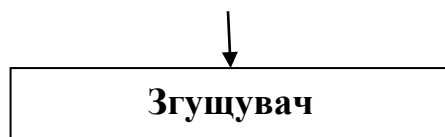
### Гауч-мішалка



| Найменування             | Маса,<br>кг    | Концентрація,<br>% | Волокно,<br>кг | Вода,<br>кг    |
|--------------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| З пресової частини       | 15,00          | 45,00              | 6,75           | 8,25           |
| З вала «Пікап»           | 15,00          | 20,00              | 3,00           | 12,00          |
| З бас-ну рег.вод         | 1547,64        | 0,1855             | 2,87           | 1544,77        |
| Надійшло(всього)         | <b>1577,64</b> |                    | <b>12,62</b>   | <b>1565,02</b> |
| На згущ.мокрого<br>браку | 1577,64        | 0,8000             | 12,62          | 1565,02        |
| Пішло (всього)           | <b>1577,64</b> |                    | <b>12,62</b>   | <b>1565,02</b> |

### Згушувач

із гауч-мішалки  $P_1C_1$



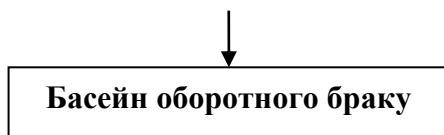
в басейн надлишкових  
вод  
 $P_3C_3$

в басейн оборотного браку  
 $P_2C_2$

| Найменування             | Маса,<br>кг    | Концентрація,<br>% | Волокно,<br>кг | Вода,<br>кг    |
|--------------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| Після<br>зміш.мокр.браку | 1577,64        | 0,8000             | 12,62          | 1565,02        |
| Надійшло(всього)         | <b>1577,64</b> |                    | <b>12,62</b>   | <b>1565,02</b> |
| В басейн обор.браку      | 346,53         | 3,5000             | 12,13          | 334,40         |
| В басейн надл.вод        | 1231,10        | 0,0400             | 0,49           | 1230,61        |
| Пішло (всього)           | <b>1577,64</b> |                    | <b>12,62</b>   | <b>1565,02</b> |

### Басейн оборотного браку

із гідророзбивача сухого браку  $P_1C_1$



із згушувача  
 $P_2C_2$

в композиційний басейн  $P_3C_3$

| Найменування             | Маса,<br>кг    | Концентрація,<br>% | Волокно,<br>кг | Вода,<br>кг    |
|--------------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| З г/розбив.сух.браку     | 1156,30        | 3,50               | 40,47          | 1115,83        |
| Зі зміш.мокрого<br>браку | 335,79         | 3,50               | 11,75          | 324,04         |
| Надійшло(всього)         | <b>1502,84</b> |                    | <b>52,60</b>   | <b>1450,25</b> |
| В композиц.басейн        | 1502,84        | 3,50               | 52,60          | 1450,25        |
| Пішло (всього)           | <b>1502,84</b> |                    | <b>52,60</b>   | <b>1450,25</b> |

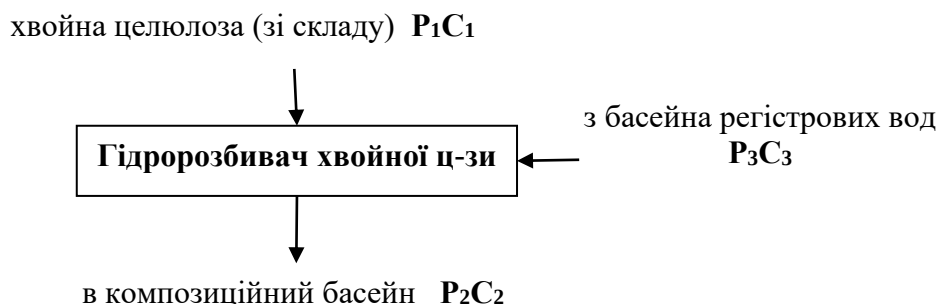
### Композиційний басейн



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

| Найменування          | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг    | Вода, кг        |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Із г/розбив.хв.цел-зи | 11633,25        | 3,5000          | 407,16         | 11226,09        |
| Із г/розб.лист.цел-зи | 17449,88        | 3,5000          | 610,75         | 16839,14        |
| Із басейна обіг.браку | 17449,88        | 3,5000          | 610,75         | 16839,14        |
| Скоп з диск.фільтра   | 1502,84         | 3,5000          | 52,60          | 1450,25         |
| Надійшло(всього)      | <b>31355,98</b> |                 | <b>1097,46</b> | <b>30258,52</b> |
| В машинний басейн     | 31355,98        | 3,5000          | 1097,46        | 30258,52        |
| Пішло (всього)        | <b>31355,98</b> |                 | <b>1097,46</b> | <b>30258,52</b> |

### Гідророзбивач хвойної целюлози



| Найменування         | Маса,<br>кг     | Концентрація,<br>% | Волокно,<br>кг | Вода,<br>кг     |
|----------------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|
| Хв.цел-за зі складу  | 439,09          | 88,00              | 386,40         | 52,69           |
| Вода з бас.рег.вод   | 11194,17        | 0,1855             | 20,77          | 11173,40        |
| Надійшло(всього)     | <b>11633,25</b> |                    | <b>407,16</b>  | <b>11226,09</b> |
| В композиційний бас. | 11633,25        | 3,50               | 407,16         | 11226,09        |
| Пішло (всього)       | <b>11633,25</b> |                    | <b>407,16</b>  | <b>11226,09</b> |

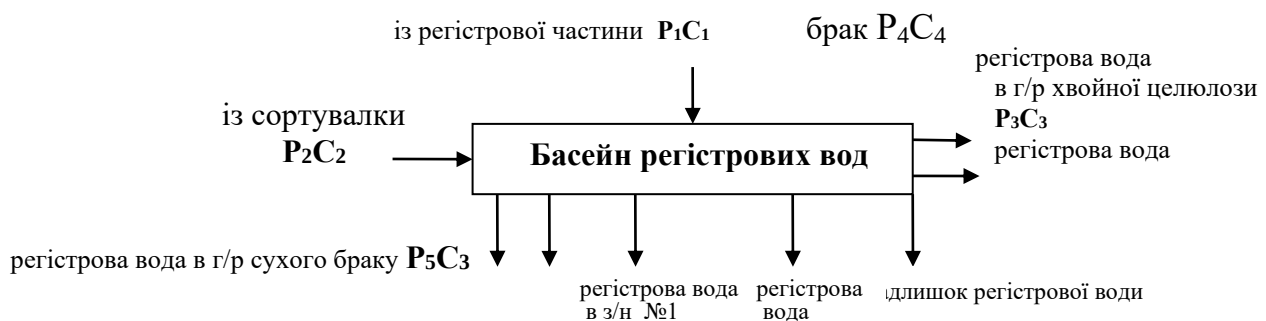
### Гідророзбивач листяної целюлози

листяна целюлоза (зі складу) P<sub>1</sub>C<sub>1</sub>



| Найменування          | Маса,<br>кг     | Концентрація,<br>% | Волокно, кг   | Вода, кг        |
|-----------------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|
| Лист.цел-за зі складу | 658,63          | 88,00              | 579,60        | 79,04           |
| Вода з бас.рег.вод    | 16791,25        | 0,1855             | 31,15         | 16760,10        |
| Надійшло(всього)      | <b>17449,88</b> |                    | <b>610,75</b> | <b>16839,14</b> |
| В композиційний бас.  | 17449,88        | 3,50               | 610,75        | 16839,14        |
| Пішло (всього)        | <b>17449,88</b> |                    | <b>610,75</b> | <b>16839,14</b> |

### Басейн регістрових вод



|  | Маса,<br>кг | Концентрація,<br>% | Волокно,к<br>г | Вода, кг |
|--|-------------|--------------------|----------------|----------|
|--|-------------|--------------------|----------------|----------|

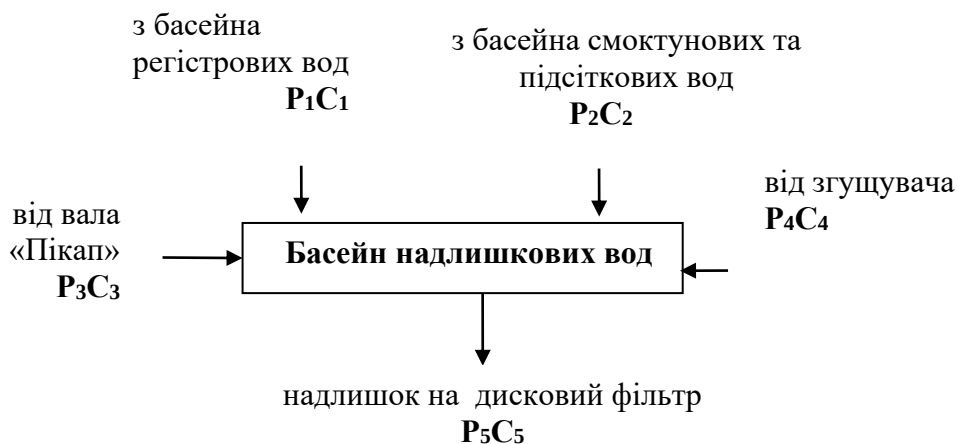
| Найменування           |                  |        |               |                  |
|------------------------|------------------|--------|---------------|------------------|
| З реєстрової частини   | 294828,57        | 0,1800 | 530,69        | 294297,88        |
| Від плоск.сортув.      | 3922,64          | 0,6000 | 23,54         | 3899,10          |
| Надійшло(всього)       | <b>298751,21</b> |        | <b>554,23</b> | <b>298196,99</b> |
| На зм.насос №1         | 120668,37        | 0,1855 | 223,86        | 120444,51        |
| На зм.насос №2         | 134313,76        | 0,1855 | 249,17        | 134064,59        |
| На г/розб.лист.цел.    | 16791,25         | 0,1855 | 31,15         | 16760,10         |
| На г/розб.хвойн.цел.   | 11194,17         | 0,1855 | 20,77         | 11173,40         |
| На г/розб.сухого браку | 1116,31          | 0,1855 | 2,07          | 1114,24          |
| На зміш.мокр.браку     | 1547,64          | 0,1855 | 2,87          | 1544,77          |
| В басейн надл.вод      | 13119,72         | 0,1855 | 24,34         | 13095,38         |
| Пішло (всього)         | <b>298751,21</b> |        | <b>554,23</b> | <b>298196,99</b> |

Басейн смоктунових та підсіткових вод



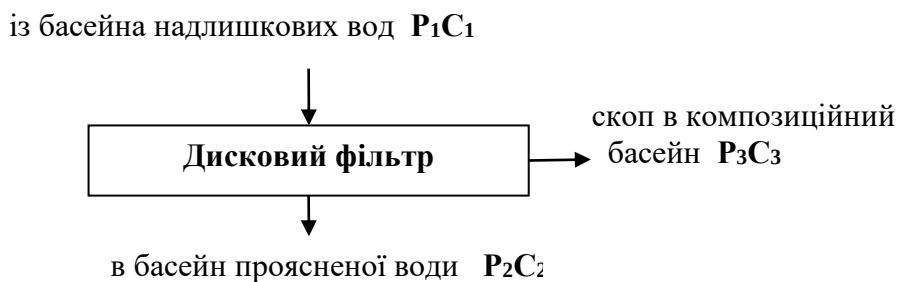
| Найменування          | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг  | Вода, кг        |
|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| Від відсмоктув.ящиків | 17214,28        | 0,1000          | 17,21        | 17197,07        |
| Від промив.сітки      | 16500,00        | 0,0040          | 0,66         | 16499,34        |
| Надійшло(всього)      | <b>33714,28</b> |                 | <b>17,87</b> | <b>33696,41</b> |
| На сортувалку         | 850,00          | 0,0530          | 0,45         | 849,55          |
| В жолоб №1 і №2       | 28901,51        | 0,0530          | 15,32        | 28886,19        |
| В басейн надлишк.вод  | 3962,77         | 0,0530          | 2,10         | 3960,67         |
| Пішло (всього)        | <b>33714,28</b> |                 | <b>17,87</b> | <b>33696,41</b> |

### Басейн надлишкових вод



| Найменування                  | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг  | Вода, кг        |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| З басейну рег.вод             | 13119,72        | 0,1855          | 24,34        | 13095,38        |
| З басейну смокт. та підс. вод | 3962,77         | 0,0530          | 2,10         | 3960,67         |
| Від вала «Пікап»              | 5922,14         | 0,0040          | 0,24         | 5921,90         |
| Від сгуш.мокр.браку           | 1231,10         | 0,0400          | 0,49         | 1230,61         |
| Надійшло(всього)              | <b>24235,73</b> |                 | <b>27,17</b> | <b>24208,56</b> |
| На дисковий фільтр            | 24235,73        | 0,1121          | 27,17        | 24208,56        |
| Пішло (всього)                | <b>24235,73</b> |                 | <b>27,17</b> | <b>24208,56</b> |

### Дисковий фільтр



| Найменування        | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг  | Вода, кг        |
|---------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| З басейну надл.вод  | 24235,73        | 0,1121          | 27,17        | 24208,56        |
| Надійшло(всього)    | <b>24235,73</b> |                 | <b>27,17</b> | <b>24208,56</b> |
| В композиц.басейн   | 769,56          | 3,50            | 26,93        | 742,63          |
| В басейн освітл.вод | 23466,17        | 0,0010          | 0,23         | 23465,93        |
| Пішло (всього)      | <b>24235,73</b> |                 | <b>27,17</b> | <b>24208,56</b> |

Як виходить з результатів перерахунку, кількість скопу ( $P_3$ ), який утворюється в результаті освітлення води та повинен поступати до композиційного басейну, становить **713,55 кг**. Ця величина перевищує цифру, яка була попередньо прийнята (**1,0 кг**) в процесі розрахунку в композиційному басейні. Як висновок: потрібно провести перерахунок матеріального балансу для композиційного басейну та наступних блоків, враховуючи нове значення  $P_3$ .

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

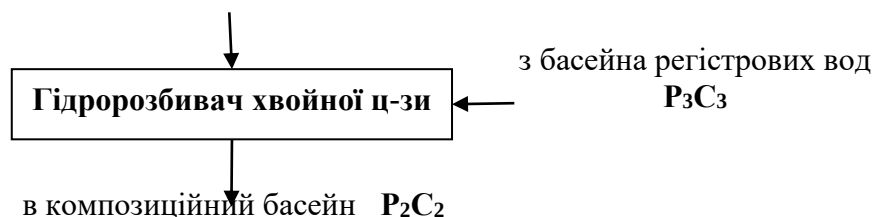
### Композиційний басейн



| Найменування          | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг    | Вода, кг        |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Із г/розбив.хв.цел-зи | 11633,25        | 3,5000          | 407,16         | 11226,09        |
| Із г/розб.лист.цел-зи | 17449,88        | 3,5000          | 610,75         | 16839,14        |
| Із басейна обіг.браку | 1492,10         | 3,5000          | 52,22          | 1439,87         |
| Скоп з диск.фільтра   | 714,00          | 3,5000          | 24,99          | 689,01          |
| Надійшло(всього)      | <b>31406,73</b> |                 | <b>1099,24</b> | <b>30307,49</b> |
| В машинний басейн     | 31406,73        | 3,5000          | 1099,24        | 30307,49        |
| Пішло (всього)        | <b>31406,73</b> |                 | <b>1099,24</b> | <b>30307,49</b> |

Гідророзбивач хвойної целюлози

хвойна целюлоза (зі складу) P<sub>1</sub>C<sub>1</sub>



| Найменування         | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг   | Вода, кг        |
|----------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Хв.цел-за зі складу  | 439,09          | 88,00           | 386,40        | 52,69           |
| Вода з бас.рег.вод   | 11194,17        | 0,1855          | 20,77         | 11173,40        |
| Надійшло(всього)     | <b>11633,25</b> |                 | <b>407,16</b> | <b>11226,09</b> |
| В композиційний бас. | 11633,25        | 3,50            | 407,16        | 11226,09        |
| Пішло (всього)       | <b>11633,25</b> |                 | <b>407,16</b> | <b>11226,09</b> |

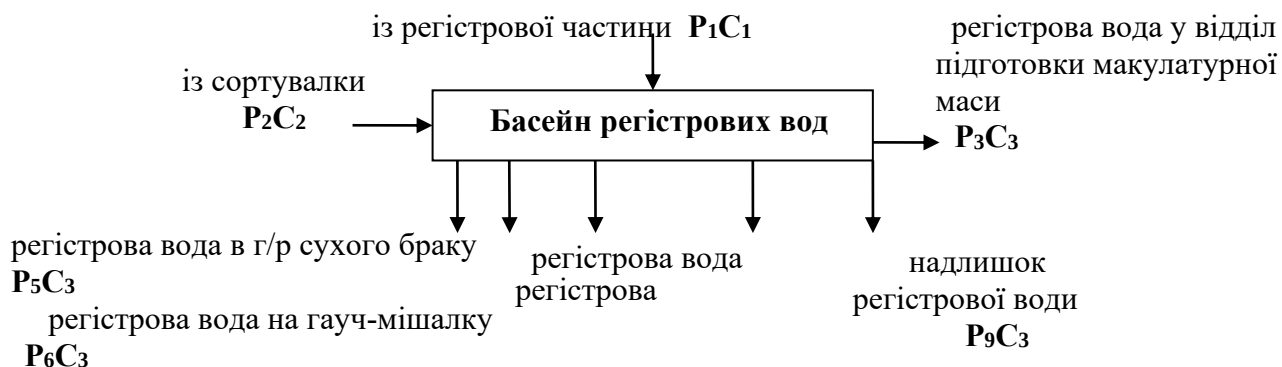
Гідророзбивач листяної целюлози

листяна целюлоза (зі складу) P<sub>1</sub>C<sub>1</sub>



| Найменування          | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг   | Вода, кг        |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Лист.цел-за зі складу | 658,63          | 88,00           | 579,60        | 79,04           |
| Вода з бас.рег.вод    | 16791,25        | 0,1855          | 31,15         | 16760,10        |
| Надійшло(всього)      | <b>17449,88</b> |                 | <b>610,75</b> | <b>16839,14</b> |
| В композиційний бас.  | 17449,88        | 3,50            | 610,75        | 16839,14        |
| Пішло (всього)        | <b>17449,88</b> |                 | <b>610,75</b> | <b>16839,14</b> |

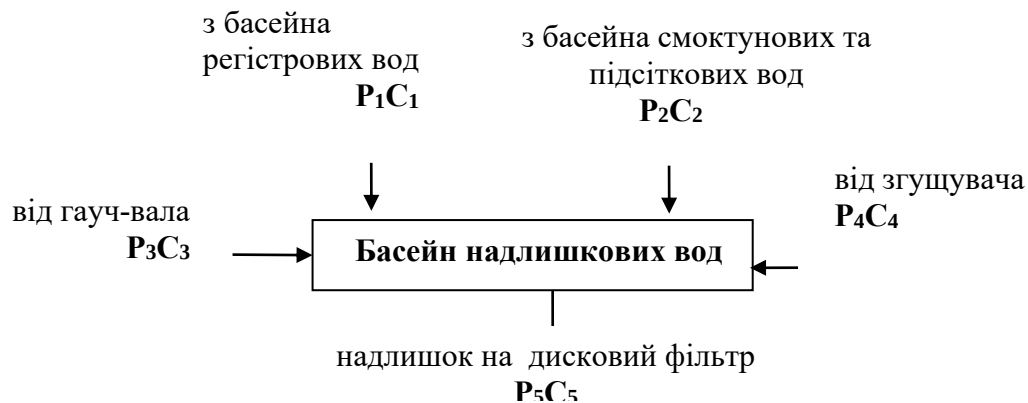
### Басейн реєстрових вод



| Найменування           | Маса, кг  | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг  |
|------------------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|
| З реєстрової частини   | 294828,57 | 0,1800          | 530,69      | 294297,88 |
| Від плоск.сортув.      | 3922,64   | 0,6000          | 23,54       | 3899,10   |
| Надійшло(всього)       | 298751,21 |                 | 554,23      | 298196,99 |
| На зм.насос №1         | 120668,37 | 0,1855          | 223,86      | 120444,51 |
| На зм.насос №2         | 134313,76 | 0,1855          | 249,17      | 134064,59 |
| На г/розб.лист.цел.    | 16791,25  | 0,1855          | 31,15       | 16760,10  |
| На г/розб.хвойн.цел.   | 11194,17  | 0,1855          | 20,77       | 11173,40  |
| На г/розб.сухого браку | 1116,31   | 0,1855          | 2,07        | 1114,24   |
| На                     | 1547,64   | 0,1855          | 2,87        | 1544,77   |

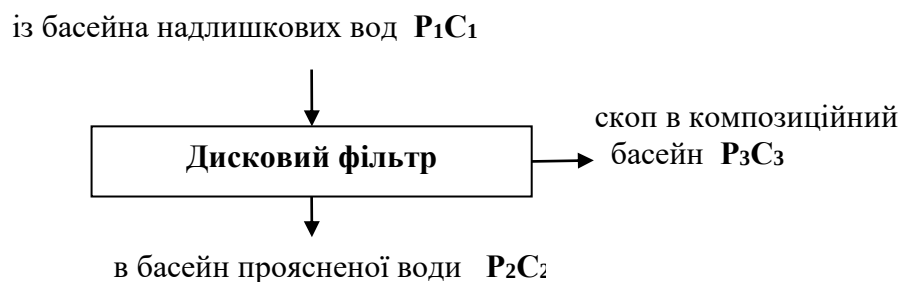
|                   |           |        |        |           |
|-------------------|-----------|--------|--------|-----------|
| зміш.мокр.браку   |           |        |        |           |
| В басейн надл.вод | 13119,72  | 0,1855 | 24,34  | 13095,38  |
| Пішло (всього)    | 298751,21 |        | 554,23 | 298196,99 |

### Басейн надлишкових вод



| Найменування                  | Маса, кг | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг |
|-------------------------------|----------|-----------------|-------------|----------|
| З басейну рег.вод             | 13119,72 | 0,1855          | 24,34       | 13095,38 |
| З басейну смокт. та підс. вод | 3962,77  | 0,0530          | 2,10        | 3960,67  |
| Від вала «Пікап»              | 5922,14  | 0,0040          | 0,24        | 5921,90  |
| Від сгуш.мокр.браку           | 1231,10  | 0,0400          | 0,49        | 1230,61  |
| Надійшло(всього)              | 24235,73 |                 | 27,17       | 24208,56 |
| На дисковий фільтр            | 24235,73 | 0,1121          | 27,17       | 24208,56 |
| Пішло (всього)                | 24235,73 |                 | 27,17       | 24208,56 |

### Дисковий фільтр



| Найменування | Маса, кг | Концентрація, | Волокно, кг | Вода, кг |
|--------------|----------|---------------|-------------|----------|
|--------------|----------|---------------|-------------|----------|

|                     |                 | %      |              |                 |
|---------------------|-----------------|--------|--------------|-----------------|
| З басейну надл.вод  | 24235,73        | 0,1121 | 27,17        | 24208,56        |
| Надійшло(всього)    | <b>24235,73</b> |        | <b>27,17</b> | <b>24208,56</b> |
| В композиц.басейн   | 769,56          | 3,50   | 26,93        | 742,63          |
| В басейн освітл.вод | 23466,17        | 0,0010 | 0,23         | 23465,93        |
| Пішло (всього)      | <b>24235,73</b> |        | <b>27,17</b> | <b>24208,56</b> |

Басейн прояснених вод

з дискового фільтра P<sub>1</sub>C<sub>1</sub>



Басейн проясненої води



надлишкова прояснена вода P<sub>2</sub>C<sub>2</sub>

| Найменування         | Маса, кг        | Концентрація, % | Волокно, кг | Вода, кг        |
|----------------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Після дисков.фільтра | 23466,17        | 0,0010          | 0,23        | 23465,93        |
| Надійшло(всього)     | <b>23466,17</b> |                 | <b>0,23</b> | <b>23465,93</b> |
| На очисні споруди    | 23466,17        | 0,0010          | 0,23        | 23465,93        |
| Пішло (всього)       | <b>23466,17</b> |                 | <b>0,23</b> | <b>23465,93</b> |

### 3.4 Результати зведеного балансу води і волокна

В табл. 3.2 наведено результати зведеного балансу води і волокна

Таблиця 3.2 - Результати зведеного балансу води і волокна

**Таблиця зведеного балансу води і волокна**

| Волокно (абс.сух.),кг                      | Надходження      | Витрата       |
|--------------------------------------------|------------------|---------------|
| Хвойна целюлоза (вибілена)                 | 386,40           |               |
| Листяна целюлоза (вибілена)                | 579,60           |               |
| <b>Всього:</b>                             | <b>965,99</b>    |               |
| Готова продукція                           |                  | 960,00        |
| Відходи центриклинерів III ст.             |                  | 1,01          |
| З пресовими водами                         |                  | 2,18          |
| Промивка сукон                             |                  | 0,04          |
| На очисні споруди                          |                  | 0,15          |
| Відходи сортувалки (в цех виробн. картону) |                  | 7,54          |
|                                            | <b>Всього:</b>   | <b>970,92</b> |
| Вода, кг                                   | Надходження      | Витрата       |
| З хвойною целюлозою                        | 52,69            |               |
| З листяною целюлозою                       | 79,04            |               |
| Свіжа вода на промивання сіток             | 16500,00         |               |
| Свіжа вода на відсічки відсм.ящиків        | 8 500,00         |               |
| Свіжа вода на промив. сукна                | 9 200,00         |               |
| Свіжа вода на відсічки в гаучі             | 2 550,00         |               |
| <b>Всього:</b>                             | <b>36 881,73</b> |               |
| З готовою продукцією                       |                  | 40,00         |
| З парою при сушінні                        |                  | 1178,67       |

|                                                |                |                  |
|------------------------------------------------|----------------|------------------|
| З відходами центр. III ст.                     |                | 149,00           |
| З пресовими водами                             |                | 2803,77          |
| Промивка сукон                                 |                | 9199,91          |
| На очисні споруди                              |                | 23465,93         |
| З відходами сортувалки (в цех виробн. картону) |                | 44,88            |
|                                                | <b>Всього:</b> | <b>36 882,15</b> |

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

$$970,92 - 960 = 10,92 \text{ кг.}$$

В такому випадку вимої волокна (*ВВ*) становлять:

$$10,92 \cdot 100 / 970,92 = 1,12 \%$$

У випадку врахування, що відходи центриклинерів 3 ступеня не відносяться до волокна, а відходи сортувалки будуть використані в подальшому (в якості волокна) в межах комбінату, наприклад в цеху виробництва картону, то величина безповоротних втрат волокна може бути зменшена,:

$$970,92 - 960,00 - 1,01 - 7,54 = 2,37 \text{ кг.}$$

Вимої волокна (*ВВ*) становлять:

$$2,37 \cdot 100 / 970,92 = 0,24 \%$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 55   |

### 3.5 Тепловий баланс

#### Розрахунок конвективної сушки паперу

##### Вихідні дані

|                                      |                |      |
|--------------------------------------|----------------|------|
| Продуктивність, кг/год.              | $G =$          | 4964 |
| Початкова вологість матеріалу, %     | $W_1 =$        | 55   |
| Кінцева вологість матеріалу, %       | $W_2 =$        | 4    |
| Початкова температура матеріалу, °C  | $t_1 =$        | 20   |
| Початкова температура повітря, °C    | $\theta_1^1 =$ | 10   |
| Початкова вологість повітря, %       | $F_1 =$        | 0,4  |
| Температура нагріву в калорифері     | $\theta_1 =$   | 160  |
| Температура навколишнього середовища | $\theta_o =$   | 25   |
| Поверхність сушильної камери         | $F_{ck} =$     | 160  |

##### Матеріальний баланс сушіння

| Прихід                       | КГ/ГОД    |
|------------------------------|-----------|
| 1. Суха речовина             | 4964      |
| 2. Волога із сухою речовиною | 6067,1111 |
| 3. Сухе повітря              | 157184    |
| 4. Волога з повітрям         | 491,29874 |
| Усього                       | 168706,41 |
| Витрата                      |           |
| 1. Суха речовина             | 4964      |
| 2. Волога із сухою речовиною | 206,83333 |
| 3. Сухе повітря              | 157184    |
| 4. Волога з повітрям         | 6351,5765 |
| Усього                       | 168706,41 |

##### Тепловий баланс сушіння

| Статті приходу/витрати тепла              | КДЖ/ГОД  |
|-------------------------------------------|----------|
| Надходження тепла                         |          |
| З повітрям під час підігріву в калорифері | 23719095 |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| Усього                              | 23719095  |
| Витрата тепла                       |           |
| 1. На підігрів матеріалу            | 649953,07 |
| 2. На сушіння у 2-му, 3-му періодах | 14265249  |
| 3. Втрати у довкілля                | 3026,2073 |
| 4. Втрати з повітрям, що йде.       | 8697001,3 |
| Усього                              | 23719095  |

|                                                  |              |           |
|--------------------------------------------------|--------------|-----------|
| Витрата повітря для сушіння, кг/год.             | $L =$        | 157184    |
| Сумарні витрати тепла у сушарці, кДж/год.        | $Q =$        | 15022093  |
| Витрата тепла на 1 кг матеріалу, кДж/кг          | $Q_0 =$      | 3026,2073 |
| Поверхня матеріалу для підігріву м <sup>2</sup>  | $F_1 =$      | 92,684929 |
| Поверхня матеріалу для сушіння м <sup>2</sup>    | $F_2 =$      | 2581,9456 |
| Загальна поверхня матеріалу м <sup>2</sup>       | $F =$        | 2674,6305 |
| Температура повітря на виході з сушіння, °C      | $\theta_3 =$ | 65        |
| Середня температура повітря в камері, °C         | $\theta =$   | 112,5     |
| Середня температура матеріалу, °C                | $t^1 =$      | 30        |
| Порівн. температура матеріалу в 2,3 періодах, °C | $t_{2,3} =$  | 47,5      |
| Температура матеріалу після сушіння, °C          | $t_3 =$      | 61,25     |

### Розрахунок контактного сушіння паперу

#### Вихідні дані

|                                     |              |      |
|-------------------------------------|--------------|------|
| Продуктивність, кг/год.             | $G =$        | 4964 |
| Початкова вологість матеріалу, %    | $W_1 =$      | 55   |
| Кінцева вологість матеріалу, %      | $W_2 =$      | 4    |
| Початкова температура матеріалу, оC | $t_1 =$      | 20   |
| Початкова температура повітря, оC   | $\theta_1 =$ | 10   |
| Початкова вологість повітря, %      | $F_1 =$      | 0,5  |

|                                               |                         |     |
|-----------------------------------------------|-------------------------|-----|
| Кінцева температура повітря, оС               | $\theta_4 =$            | 80  |
| Кінцева вологість повітря, %                  | $F_2 =$                 | 0,9 |
| Температура повітря після теплообмінників, оС | $\theta_2 =$            | 25  |
| Температура пари, що гріє, оС                 | $\theta_{\text{пар}} =$ | 120 |

### Тепловий баланс сушки

Стаття приходу/витрати тепла кДж/год

#### Прихід тепла

|                                             |                    |
|---------------------------------------------|--------------------|
| 1. З паром, що поступає в сушильні циліндри | 15894786,73        |
| 2. З паром, що поступає в калорифер         | 1948379,149        |
| 3. Тепло використане в теплообміннику       | <u>655399,0785</u> |
| Усього                                      | 18498564,96        |

#### Витрати тепла

|                                          |                    |
|------------------------------------------|--------------------|
| 1. На підігрів матеріалу                 | 1299906,133        |
| 2. На сушку в 2-му, 3-му періодах        | 14261884,35        |
| 3. На втрати в навколишнє середовище     | 96711,79566        |
| 4. На втрати з невикористаним повітрям   | 65539,90785        |
| 5. На підігрів повітря в теплообмінниках | 655399,0785        |
| 6. На втрати з повітрям йдуть            | <u>2337590,047</u> |
| Усього                                   | 18717031,31        |

### Результати розрахунку

|                                                  |                   |             |
|--------------------------------------------------|-------------------|-------------|
| Витрати пари в сушильній частині, кг/год.        | $D_1 =$           | 7240,074305 |
| Витрати пари в калориферах, кг/год.              | $D_2 =$           | 887,4865738 |
| Загальна витрата пари, кг/год.                   | $D =$             | 8127,560878 |
| Витрата пари на 1 кг матеріалу, кг/год.          | $D_{\text{уд}} =$ | 1,637300741 |
| Кількість повітря, що подається в сушку, кг/год. | $L =$             | 43367,54076 |
| Кількість свіжого повітря, кг/год.               | $L_9 =$           | 47704,29483 |

|                                                              |                    |             |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|
| Поверхня теплопередачі для підігріву в сушку, м <sup>2</sup> | F <sub>1</sub> =   | 18,57008762 |
| Поверхня теплопередачі для сушіння, м <sup>2</sup>           | F <sub>2,3</sub> = | 287,2553688 |
| Загальна поверхня теплопередачі, м <sup>2</sup>              | F=                 | 305,8254564 |
| Температура повітря на вході в суш. частини, С               | θ <sub>3</sub> =   | 74,59220069 |
| Температура матеріалу при сушці з пост, скор.,С              | t <sub>2</sub> =   | 60          |
| Сер. Температура матеріалу під періода 2,3, С                | t <sub>4</sub> =   | 78,9        |
| Сер. Температура матеріалу, С                                | t <sub>5</sub> =   | 40          |
| Температура матеріалу після сушіння, С                       | t <sub>3</sub> =   | 113,55      |

#### 4. ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Для виробництва туалетного паперу з первинного волокна використовується папероробна машина ANDRITZ моделі PrimeLine™ S 2200. Дане обладнання характеризується обрізною шириною паперового полотна 2850 мм та проектною швидкістю до 2200 м/хв, що забезпечує ефективний процес виготовлення санітарно-гігієнічної паперової продукції. Машина оснащена сучасною формуючою частиною CrescentFormer, яка забезпечує рівномірне формування паперового полотна та покращує однорідність його структури. Однією з ключових переваг обладнання є використання технологічних модулів PrimePress XT Evo та PrimeDry Steel Yankee зі сталевим янкі-циліндром, що сприяє інтенсивнішому сушінню полотна, підвищенню енергоефективності та покращенню якості готової продукції. Система автоматизації Metris забезпечує безперервний контроль і регулювання технологічних параметрів у режимі реального часу, що підвищує стабільність роботи машини та зменшує вплив людського фактора на виробничий процес. Продуктивність папероробної машини за одну годину розраховують за формулою:

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

де 0,06 - коефіцієнт для переведення швидкості з хвилини в години та маси 1 м<sup>2</sup> паперу грами в кілограми;

$B_0$  - обрізна ширина полотна паперу, м;

$v$  - швидкість машини, м/хв.;

$q$  - маса 1 м<sup>2</sup> полотна, г/м<sup>2</sup>;

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує холостий хід машини;

$K_2$  - коефіцієнт використання максимальної швидкості машини.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 60   |

Розрахунок годинної продуктивності ПРМ:

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \times 2,85 \times 1800 \times 35 \times 0,96 \times 0,96 = 9928 \text{ кг/год}$$

Тоді добова продуктивність ПРМ становить:

$$Q_{\text{д}} = Q_{\text{год}} \times t_{\text{д}} = 9928 \times 22 \approx 218 \text{ т/добу}$$

де  $t_{\text{д}}$  - кількість годин безперервної роботи машини за добу.

Річна продуктивність становить:

$$\text{ПП} = Q_{\text{д}} \times T_{\text{еф}} = 218 \times 345 = 75 \text{ тис. т/рік}$$

### ***Напірний ящик PrimeFlow***

Призначений для рівномірної подачі волокнистої суспензії на формувальну частину машини. Оснащений турбулізаційною системою та системою розбавлення PrimeProFiler, яка забезпечує точне регулювання поперечного профілю маси паперового полотна. Конструкція напірного ящика дозволяє отримувати високу однорідність структури паперу навіть за швидкостей понад 2000 м/хв.

### ***Формуюча частина CrescentFormer***

Формуюча частина типу CrescentFormer забезпечує формування паперового полотна між формувальним валом та сіткою з інтенсивним видаленням води. Така конструкція забезпечує рівномірний розподіл волокон, високу пухкість та покращені показники м'якості готового паперу. Для роботи використовуються синтетичні формувальні сітки з автоматичним контролем натягу. Діаметр формувального валу становить близько 1500 мм, а сухість полотна після формувальної частини досягає приблизно 20 %. Конструкція

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

CrescentFormer дозволяє стабільно працювати на високих швидкостях та отримувати папір з високою однорідністю структури.

### ***Пресова частина PrimePress XT Evo***

Для механічного зневоднення полотна застосовується башмачний прес PrimePress XT Evo. Використання башмачного преса дозволяє підвищити сухість полотна після пресування та знизити витрати теплової енергії на сушіння. Конструкція преса забезпечує рівномірний розподіл тиску по ширині полотна та сприяє підвищенню м'якості й об'ємності паперу. Завдяки подовженій зоні контакту та можливості регулювання тиску досягається сухість полотна близько 45 %, що суттєво зменшує навантаження на сушильну частину машини.

### ***Янкі-циліндр PrimeDry Steel Yankee***

Сушіння паперового полотна здійснюється на сталевому янкі-циліндрі PrimeDry Steel Yankee. У порівнянні з чавунними циліндрами він має на 15–20 % вищу інтенсивність випаровування вологи та забезпечує підвищення продуктивності машини на 8–10 %. Діаметр янкі-циліндра становить 16–18 футів залежно від комплектації машини. Використання сталевго янкі-циліндра забезпечує більш ефективну теплопередачу, рівномірний розподіл температури по поверхні та покращує енергоефективність процесу сушіння. Після сушильної частини сухість паперового полотна досягає близько 96 %.

### ***Ковпак швидкісного сушіння PrimeDry Hood***

Встановлений над янкі-циліндром для інтенсифікації процесу сушіння гарячим повітрям. Ковпак може працювати на природному газі, парі або в комбінованому режимі. Оптимізована конструкція сопел забезпечує рівномірний розподіл повітряних потоків та високу ефективність сушіння паперового полотна. Секції ковпака розташовані на відстані близько 20 мм від поверхні янкі-циліндра, що забезпечує інтенсивне випаровування вологи та ефективне використання теплової енергії.

### ***Система автоматизації Metris***

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 62   |

Папероробна машина оснащена системою автоматизованого керування Metris, яка забезпечує безперервний контроль технологічних параметрів у режимі реального часу. Система дозволяє регулювати профіль полотна, вологість, швидкість роботи машини та інші параметри, що забезпечує стабільну якість продукції та зниження впливу людського фактора на виробничий процес. Завдяки інтеграції з усіма основними вузлами машини система Metris сприяє стабільній роботі обладнання при швидкості до 2200 м/хв.

Для розпуску хвойної та листяної целюлози у підготовчому відділенні передбачається встановлення гідророзбивача типу ГРВн-64. Обладнання призначене для ефективного розволокнення целюлозної сировини та приготування однорідної волокнистої суспензії для подальшої переробки. Гідророзбивач характеризується місткістю ванни 64 м<sup>3</sup>, продуктивністю від 300 до 640 т/добу та оснащений електродвигуном потужністю 630 кВт, що забезпечує стабільний і безперервний технологічний процес підготовки волокнистої маси.

Для хвойної целюлози

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб ГРВ}}} = \frac{87,2}{300} = 0,3$$

Для листяної целюлози

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{доб ГРВ}}} = \frac{130,8}{300} = 0,44$$

Рафінер TF20 характеризується високою енергоефективністю, надійністю та стабільністю роботи в умовах безперервного виробництва. Конструкція обладнання дозволяє регулювати параметри розмелювання залежно від виду волокнистої сировини та необхідних технологічних характеристик готового продукту. Модульна будова рафінера спрощує його інтеграцію у виробничу лінію та забезпечує зручність технічного обслуговування. Використання даного обладнання є ефективним у виробництві санітарно-гігієнічних видів паперу

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 63   |

завдяки поєднанню високої продуктивності та відносно низьких питомих енерговитрат.

Технічні характеристики дводискового рафінера TF20:

тип обладнання – TwinFlo refiner TF20;

діаметр дисків – 20–24 дюйми;

максимальна встановлена потужність – 315 кВт (420 к.с.);

довжина без урахування редуктора приводу – 1740 мм (69 дюймів);

ширина – 1260 мм (50 дюймів);

висота – 1030 мм (41 дюйм);

маса обладнання – 1400 кг.

Кількість млинів для сульфатної вибіленої целюлози зі суміші листяних порід деревини:

$$\Delta^{\circ}\text{ШР} = \frac{^{\circ}\text{СП}_{\text{кінцеве}} - ^{\circ}\text{СП}_{\text{початкове}}}{10} = \frac{32 - 17}{10} = 1,5 \approx 2 \text{ дискових млинів}$$

Розраховуємо кількість дискових млинів для сульфатної вибіленої целюлози з хвойних порід деревини:

$$\Delta^{\circ}\text{ШР} = \frac{^{\circ}\text{СП}_{\text{кінцеве}} - ^{\circ}\text{СП}_{\text{початкове}}}{8} = \frac{32 - 14}{8} = 2,2 \approx 3 \text{ дискових млини}$$

Відповідно до добової продуктивності технологічної лінії для очищення волокнистої маси обрано установку вихрових конічних очисників марки УВК-400-02. Дане обладнання призначене для видалення механічних домішок та сторонніх включень із волокнистої суспензії, що забезпечує підвищення якості готової паперової продукції та стабільність технологічного процесу.

Установка характеризується продуктивністю 400 т/добу та пропускною здатністю очисника 400 л/хв. Діаметр очисника становить 160 мм. Конструкцією передбачено багатоступеневу систему очищення, яка включає

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

152 очисники першого ступеня, 46 - другого та 10 - третього ступеня. Кількість секцій першого ступеня становить 4, що забезпечує ефективне розподілення потоків волокнистої маси та підвищення якості очищення.

Габаритні розміри установки складають  $11,39 \times 6,65 \times 3,2$  м, а маса обладнання - 48,6 т. Застосування установки УВК-400-02 дозволяє забезпечити високий ступінь очищення волокнистої маси при стабільній роботі технологічної лінії.

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добУВК}}} = \frac{218}{400} = 0,55 \approx 1 \text{ шт}$$

Виходячи з добової продуктивності папероробної машини, для очищення волокнистої маси від вузлів, пучків волокон та механічних домішок обрано вузловловлювач марки ВЗ-15. Дане обладнання забезпечує ефективне сортування волокнистої суспензії та сприяє підвищенню якості готової продукції, а також стабільності роботи папероробної машини.

Вузловловлювач ВЗ-15 характеризується продуктивністю від 100 до 400 т/добу та площею сита  $5,60 \text{ м}^2$ . Робота обладнання здійснюється при концентрації волокнистої маси 1,3 %. Конструкцією передбачено ротор із шістьма лопатями, частота обертання якого становить  $210 \text{ хв}^{-1}$ , що забезпечує інтенсивне перемішування та ефективне відокремлення небажаних включень. Потужність електродвигуна складає 75 кВт.

Габаритні розміри вузловловлювача становлять  $4,01 \times 3,03 \times 2,65$  м, що дозволяє інтегрувати обладнання у технологічну лінію підготовки волокнистої маси без значного збільшення виробничих площ.

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добВЗ}}} = \frac{218}{400} = 0,55 \approx 1 \text{ вузловловлювач}$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 65   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Для розпуску виробничого браку встановлюється гідророзбивач типу ГРВн-6. Дане обладнання призначене для ефективного розволокнення паперових відходів і підготовки волокнистої суспензії до подальшої переробки.

Основні технічні характеристики гідророзбивача ГРВн-6:

- місткість ванни - 6 м³;
- продуктивність - 18 - 60 т/добу;
- потужність електродвигуна - 75 кВт;
- діаметр отворів сита - 3, 6 та 12 мм.

Кількість гідророзбивачів типу ГРВн-6 визначають за формулою:

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добГРВ}}} = 218 \frac{0.0078}{60} \approx 1 \text{ гідророзбивач}$$

Для додаткового розмелювання волокнистої маси встановлюється пульсаційний млин МП-00, який забезпечує інтенсивну механічну обробку волокон та покращення їх папероутворювальних властивостей. Обладнання характеризується продуктивністю від 5 до 25 т/добу залежно від режиму роботи та властивостей оброблюваної маси. Конструкцією млина передбачено ротор діаметром 190 мм із трьома робочими зонами, що забезпечують ефективну обробку волокнистого матеріалу. Частота обертання ротора становить 3000 об/хв, що дозволяє досягати високої інтенсивності розмелювання. Габаритні розміри обладнання становлять 1,57 × 0,41 × 0,58 м, що забезпечує його компактне розміщення у виробничій лінії.

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добМП}}} = \frac{0.0078 \cdot 218}{25} \approx 1 \text{ шт}$$

Для очищення волокнистої маси від грубих включень та недостатньо розпущених частинок обираємо вібраційну сортувалку ВС-05 . Дане

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 66   |

обладнання забезпечує ефективне сортування маси та підвищення якості напівфабрикату перед його подальшою обробкою. Сортиувалка характеризується продуктивністю від 7,5 до 15 т/добу та оснащена ситом площею 0,5 м². Робота обладнання передбачена при масовій частці волокна на вході від 7,0 до 15 %. Для відокремлення домішок використовуються сита з діаметром отворів від 3,0 до 5,0 мм. Частота коливань сита становить 2,7 мм, що забезпечує ефективне проходження волокнистої суспензії через сортувальну поверхню. Потужність електродвигуна сортувалки становить 0,75 кВт.

Кількість сортувалок ВС-05 визначають за формулою:

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добСВ}}} = \frac{0.0078 \cdot 218}{15} = 0,11 \approx 1 \text{ сортувалка}$$

Для згущення волокнистих напівфабрикатів та оптимізації подальших технологічних процесів, таких як розмелювання, транспортування і зберігання, встановлюється шаберний згущувач СШ-5,5. Застосування даного обладнання дозволяє підвищити концентрацію волокнистої суспензії та забезпечити стабільність роботи наступних стадій виробництва.

Основні технічні характеристики шаберного згущувача СШ-5,5:

- продуктивність - 60 т/добу;
- діаметр сіткового циліндра - 700 мм;
- довжина сіткового циліндра - 1800 мм.

$$\frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{добСШ}}} = \frac{0,18 \cdot 218}{60} = 0,65 \approx 1 \text{ шаберний згущувач}$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 67   |

## 5. ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА ТУАЛЕТНОГО ПАПЕРУ

Папероробний цех запроєктований як двоповерхова виробнича будівля з такими основними розмірами: довжина становить 108 м, ширина 24 м, а загальна висота 24,8 м. Просторову жорсткість і несучу здатність споруди забезпечує каркасна система, що складається з 26 залізобетонних колон прямокутної форми перерізом 400×500 мм, розміщених із кроком 6 м. У зонах встановлення мостового крана використано посилені колони розміром 600×800 мм.

Організація евакуації персоналу виконана відповідно до вимог СНіП II №272. Для безпечного виходу людей із будівлі передбачено два евакуаційні виходи, двері яких відкриваються у напрямку руху під час евакуації. Ширина основних проходів становить 1,0 м, коридорів 1,5 м, сходових маршів і площадок 1,4 м, а дверних прорізів 1,0 м. Вікна мають ширину 3 м, при цьому їх висота залежно від місця розташування коливається від 2,4 до 5,4 м. Для входів і виходів застосовано одностулкові двері шириною 0,9 м із відкриванням назовні.

Основою будівлі є збірні залізобетонні фундаменти стовпчастого типу. Конструкція фундаментів передбачає використання багатоблокових елементів, а розміри нижньої фундаментної плити становлять 3×4 м. Закладання фундаментів виконано на глибину 1,5 м від рівня поверхні землі.

Розташування технологічного обладнання здійснено з урахуванням конструктивних особливостей споруди та вимог виробничого процесу. Для виконання монтажних і ремонтних операцій у будівлі передбачено спеціальний монтажний проріз, а також встановлено мостовий кран, що забезпечує переміщення великогабаритного обладнання.

У межах виробничого корпусу розміщено допоміжні приміщення, необхідні для функціонування технологічного комплексу. На першому поверсі

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

знаходяться машинний басейн і насосне господарство, тоді як на другому поверсі розташовані папероробна машина та поздовжньо-різальний верстат. Для компенсації температурних деформацій будівлю поділено двома температурними швами. Допоміжні приміщення мають висоту 4,2 м та ширину 12 м.

З метою створення належних умов праці проєктом передбачено штучне освітлення санітарно-побутових приміщень, зокрема душових, туалетів, гардеробних і роздягалень. Гардеробні використовуються для зберігання особистих речей працівників та їхнього спеціального одягу.

Згідно з класифікацією виробничих процесів, діяльність папероробного цеху віднесена до третьої категорії. Відповідно до чинних нормативних вимог у складі будівлі передбачено побутові та адміністративні приміщення, а також робочі кабінети для інженерно-технічного персоналу. До них належать приміщення начальника цеху, технолога, керівника ремонтної служби, майстрів та інших спеціалістів. Площа службових кабінетів знаходиться в межах від 9 до 12 м<sup>2</sup>, що відповідає встановленим нормативам.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 69   |

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час проєктування виробничих об'єктів важливе значення має створення безпечних і комфортних умов праці, а також впровадження ефективних заходів щодо мінімізації професійних ризиків. У дипломному проєкті, присвяченому розробці технологічного потоку виробництва туалетного паперу з первинного волокна на базі Київський картонно-паперовий комбінат, значна увага приділена питанням охорони праці, техногенної безпеки та надійної експлуатації технологічного обладнання.

Основне виробниче приміщення цеху має площу 1890 м<sup>2</sup>, а операторська зона - 18 м<sup>2</sup>. Аналіз умов праці дозволив визначити низку небезпечних і шкідливих чинників, характерних для даного виробництва. До них належать підвищений рівень шуму й вібрації від роботи машин та приводів, висока температура в зоні сушильних агрегатів, запиленість повітря целюлозними та волокнистими частинками, ризик ураження електричним струмом через використання високовольтного обладнання, а також пожежна небезпека, пов'язана з накопиченням паперового пилу.

З метою забезпечення належного рівня безпеки у проєкті передбачено комплекс організаційних і технічних заходів. Зокрема, запроєктовано ефективну систему вентиляції та кондиціювання повітря, заходи зі зниження шуму, раціональне освітлення робочих зон, системи захисту електрообладнання та протипожежні засоби. У проєкті передбачено створення безпечних і комфортних умов праці, що сприяє підвищенню продуктивності працівників та зниженню ризику виникнення професійних захворювань.

Розроблені рішення відповідають чинним нормативним документам України, серед яких ДСН 3.3.6.042-99 щодо параметрів мікроклімату, ДСН 3.3.6.037-99 з нормування виробничого шуму, ДБН В.2.5-28:2018 з вимог до освітлення, а також положенням Закону України «Про охорону праці» та галузевим стандартам у сфері целюлозно-паперової промисловості.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 70   |

## 6.1 Захист від шуму та вібрації

Технологічний процес виробництва супроводжується роботою значної кількості механічного та динамічного обладнання, зокрема папероробних машин, приводів, вакуумних насосів, вентиляторів і різальних пристроїв. Функціонування таких установок створює підвищені рівні шуму та вібрації у виробничій зоні. Рівень шумового навантаження в окремих ділянках цеху може досягати 90–95 дБ, що перевищує гранично допустимі норми, визначені ДСН 3.3.6.037-99.

Для забезпечення безпечних умов праці та зниження негативного впливу акустичних факторів у проєкті передбачено комплекс технічних і організаційних рішень. Зокрема, операторські місця обладнуються звукоізоляційними кабінами з багатошаровими шумопоглинальними панелями товщиною понад 7 мм, що дозволяє суттєво зменшити рівень шуму в робочій зоні. Додатково працівники забезпечуються індивідуальними засобами захисту органів слуху протишумовими навушниками та берушами, які здатні знижувати інтенсивність шуму на 18–25 дБ.

З метою локалізації джерел шуму насосне та вентиляційне обладнання розміщується в окремих технічних приміщеннях. Для зменшення передачі механічних коливань застосовуються амортизуючі опори, віброізолюючі прокладки та компенсатори, які ефективно знижують рівень вібрації обладнання. Важливим заходом також є проведення систематичного технічного обслуговування обертових вузлів машин, що дозволяє попередити розбалансування механізмів і виникнення надмірних вібрацій.

У межах виробничого контролю передбачено регулярне проведення лабораторно-інструментальних вимірювань рівнів шуму та вібрації на робочих місцях. Реалізація зазначених заходів сприяє покращенню умов праці, зменшенню фізичного навантаження на персонал і профілактиці професійних захворювань, серед яких вібраційна хвороба, ураження опорно-рухового апарату, остеохондроз та функціональні порушення нервової системи.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 71   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## 6.2 Повітряне середовище виробничих приміщень

Створення оптимального мікроклімату у виробничих приміщеннях є однією з основних вимог забезпечення безпечних і комфортних умов праці відповідно до ДСН 3.3.6.042-99. У процесі виробництва туалетного паперу значна кількість тепла та вологи виділяється під час сушіння волокнистої маси й роботи нагрівального обладнання, що може призводити до підвищення температури та погіршення параметрів повітряного середовища в цеху. Енерговитрати для категорії 2Б становлять 233–290 Вт (або 201–250 ккал/год) відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.

Для підтримання нормативних мікрокліматичних умов у проєкті передбачено комплекс інженерно-технічних заходів. Одним із ключових рішень є герметизація та термоізоляція обладнання, поверхні якого нагріваються понад 60 °С, що дозволяє знизити тепловиділення у виробничу зону та мінімізувати ризик термічного впливу на працівників. Крім того, у цеху запроектована ефективна припливно-витяжна вентиляція з можливістю рециркуляції та очищення повітря від пилу й вологих домішок.

У місцях постійного або тривалого перебування персоналу передбачено встановлення кондиціонерів і спліт-систем для стабілізації температурного режиму. Параметри мікроклімату підтримуються в межах нормативних значень: температура повітря 20–26 °С, відносна вологість 40–60 %, а швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с. У холодний період року для обігріву виробничих приміщень застосовується система парового опалення з температурою теплоносія 70–75 °С, що забезпечує рівномірний розподіл тепла по всьому цеху.

Додатково в зонах із підвищеним рівнем запиленості передбачене використання індивідуальних засобів захисту органів дихання, зокрема респіраторів, які знижують негативний вплив целюлозного пилу та волокнистих частинок на працівників. Реалізація зазначених заходів сприяє покращенню санітарно-гігієнічних умов праці, зменшенню втомлюваності персоналу та профілактиці професійних захворювань органів дихання й серцево-судинної системи.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 72   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

### 6.3 Електробезпека

Оскільки технологічний процес виробництва характеризується значним рівнем електроспоживання, особлива увага в проєкті приділена забезпеченню електробезпеки персоналу та надійності роботи електроустановок. Живлення обладнання здійснюється від трифазної мережі напругою 380/220 В із зануленою нейтраллю, що потребує застосування комплексу захисних заходів відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Для запобігання ураженню працівників електричним струмом передбачено встановлення пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ), які автоматично відключають електроживлення у разі виникнення струмів витоку. Усі металеві корпуси електрообладнання підлягають зануленню, що забезпечує додатковий захист у випадку пошкодження ізоляції та появи напруги на неструмовідних частинах.

Електричні мережі та провідники виконуються з використанням подвійної ізоляції, що підвищує рівень експлуатаційної безпеки та зменшує ризик коротких замикань. На пультах керування встановлюються індикатори напруги, системи блокування та сигнальне освітлення, які дозволяють оперативно контролювати режим роботи обладнання та попереджати аварійні ситуації.

Для виконання робіт у приміщеннях із підвищеною вологістю передбачено використання переносного інструменту та освітлювальних приладів із напругою живлення не більше 12 В, що суттєво знижує небезпеку електротравматизму. Важливою складовою системи електробезпеки є також проведення первинного, повторного та позапланового інструктажу працівників перед допуском до роботи з електрообладнанням.

Контроль технічного стану електромереж, силових щитів і захисних пристроїв здійснюється шляхом регулярних профілактичних перевірок та вимірювань за участю відповідальних осіб за електрогосподарство підприємства. Реалізація зазначених заходів забезпечує безпечну експлуатацію

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 73   |

електрообладнання, підвищує надійність виробничого процесу та мінімізує ризик виникнення аварійних ситуацій і електротравм.

#### 6.4 Пожежна безпека

Виробництво туалетного паперу належить до пожежонебезпечних технологічних процесів, оскільки основною сировиною є целюлозні матеріали, що характеризуються високою горючістю. Найбільший ризик виникнення пожежі спостерігається у сушильних секціях, на ділянках намоту та різання продукції, а також у складських приміщеннях, де накопичується значна кількість паперової сировини та готової продукції. Виробничі та складські приміщення ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» належать до категорії В через наявність твердих горючих матеріалів (папір, картон, целюлоза) та до класу пожежонебезпечної зони П-Па, що характеризується відсутністю вибухонебезпечних концентрацій пилу.

Для забезпечення належного рівня пожежної безпеки в проєкті передбачено комплекс профілактичних і технічних заходів. Зокрема, виробничі приміщення оснащуються автоматизованими системами пожежної сигналізації та температурного контролю з використанням датчиків типу TSM і TCB, що дозволяють своєчасно виявляти осередки перегріву або займання. Конструктивні елементи будівлі виконуються з вогнестійких матеріалів та відповідають II ступеню вогнестійкості згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016.

Важливим елементом системи безпеки є розроблення планів евакуації персоналу та встановлення систем звукового й світлового оповіщення про пожежу. У виробничих і складських приміщеннях передбачено розміщення необхідної кількості вогнегасників відповідно до встановлених нормативів, із забезпеченням вільного доступу до них у разі надзвичайної ситуації.

Для запобігання виникненню джерел займання проводиться регулярне очищення технологічного обладнання та вентиляційних систем від целюлозного пилу, залишків мастильних матеріалів та інших горючих речовин. Усі працівники підприємства проходять первинний і повторний протипожежний

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 74   |

інструктаж, що сприяє підвищенню рівня їхньої підготовки до дій у разі пожежі.

Додатково електрообладнання, яке експлуатується у зонах із підвищеною концентрацією пилу, передбачається у вибухозахищеному виконанні. Його технічний стан контролюється відповідно до затвердженого графіка планово-попереджувальних оглядів і ремонтів. Реалізація зазначених заходів дозволяє суттєво знизити ризик виникнення пожеж та аварійних ситуацій, забезпечити безпеку персоналу й стабільність виробничого процесу.

## **6.5 Освітлення виробничих приміщень**

Раціонально організоване освітлення виробничих приміщень є важливим чинником забезпечення безпечних умов праці, зниження втомлюваності персоналу та підвищення ефективності виконання технологічних операцій. У проєктованому цеху передбачено комбіновану систему освітлення, яка поєднує природне та штучне освітлення. Природне освітлення забезпечується через верхні світлові ліхтарі та стрічкові вікна, що сприяє рівномірному розподілу денного світла у виробничій зоні. Штучне освітлення реалізується за допомогою енергоощадних світлодіодних світильників із високим рівнем світловіддачі та тривалим терміном експлуатації.

Нормування параметрів освітленості здійснюється відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018. Під час проєктування системи освітлення враховано необхідність забезпечення мінімального коефіцієнта природного освітлення (КПО) на рівні 1,5 % для виконання зорових робіт IV розряду. Для підвищення точності та безпеки виконання технологічних операцій на окремих робочих місцях передбачено встановлення місцевого підсвічування.

Особлива увага приділена зонам керування технологічним обладнанням, де світильники підключаються до окремих ліній електроживлення, що підвищує надійність системи освітлення та забезпечує безперервність роботи операторів. Для підтримання необхідного рівня освітленості передбачено регулярне

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 75   |

очищення світильників і світлопрозорих поверхонь від пилу та забруднень, які можуть знижувати ефективність освітлення.

У проєкті також передбачена система аварійного освітлення, яка автоматично вмикається у разі відключення основного електропостачання та забезпечує безпечну евакуацію працівників і можливість завершення аварійних операцій. Реалізація комплексу зазначених заходів дозволяє знизити зорове навантаження на персонал, підвищити рівень безпеки праці та створити комфортні умови роботи незалежно від часу доби.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 76   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## ВИСНОВКИ

1. Розглянуто особливості виробництва санітарно-гігієнічного паперу з первинного волокна та наведено характеристику основної сировини, допоміжних матеріалів і готової продукції.

2. Розроблено та описано технологічну схему виробництва туалетного паперу з первинного волокна.

3. Виконано розрахунок матеріального балансу води і волокна для виробництва туалетного паперу, відповідно до якого на виробництво 1 т. паперу необхідно 965,99 кг. абс. сух. Волокна (хвойної целюлози 386,4 кг., а листяної 579,6 кг.) і 36881,73 кг. води. Вимої волокна становлять 0,24 %.

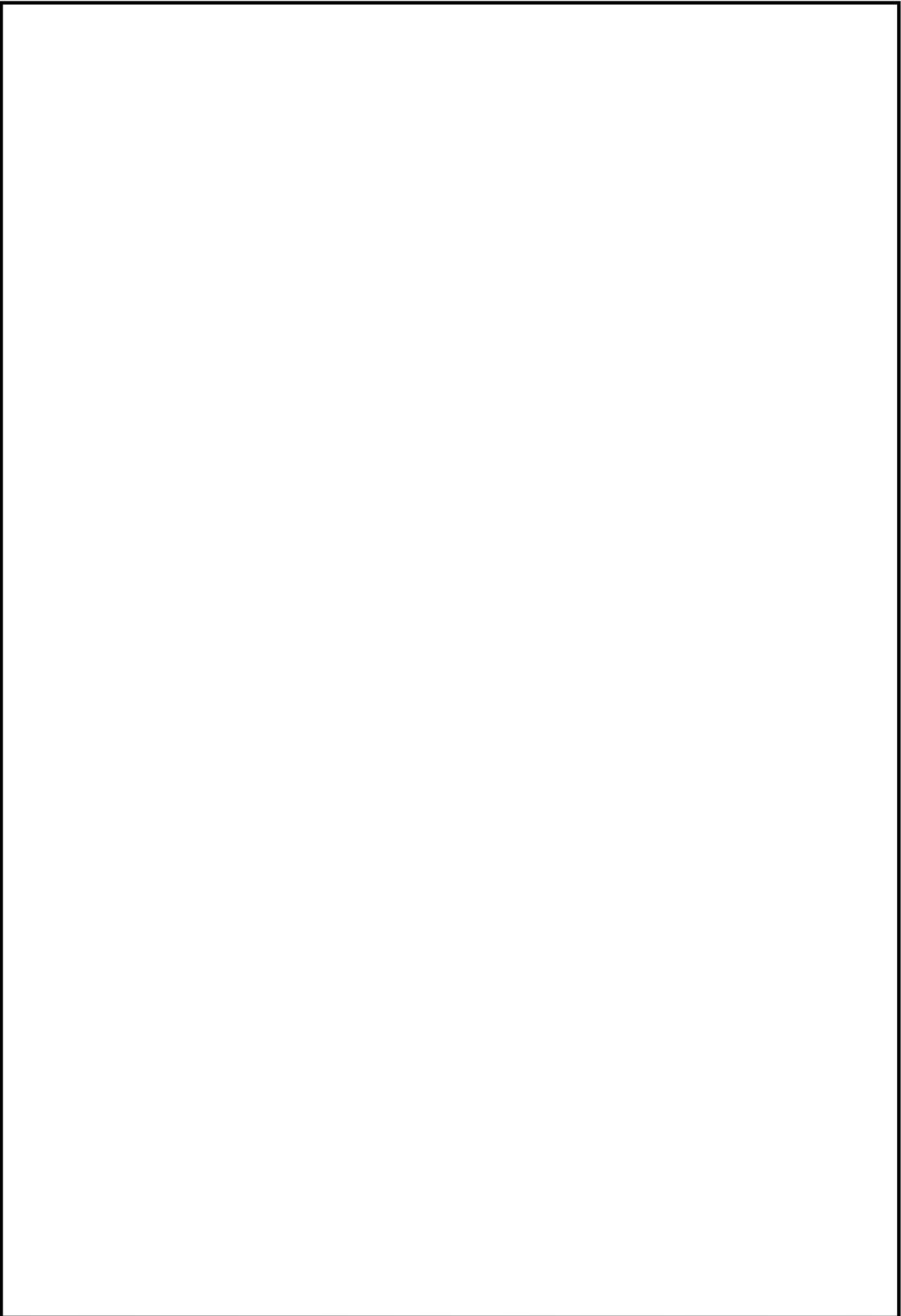
4. Обґрунтовано вибір основного технологічного обладнання, зокрема дводискового рафінера ANDRITZ TF20 та папероробної машини ANDRITZ PrimeLine S 2200, які забезпечують підвищення ефективності виробництва та покращення якості готової продукції.

5. Запропоновано об'ємно-планувальне рішення виробничого цеху з виробництва туалетного паперу та наведено основні конструктивні характеристики будівлі.

6. Розглянуто основні заходи з охорони праці, спрямовані на забезпечення безпечних умов праці, захист від шуму і вібрації, забезпечення електро- та пожежної безпеки, а також створення нормативних параметрів виробничого середовища.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   | 77   |

| Поз. познач. | Найменування                             | Кіл.           | Примітка |      |                      |  |                                   |      |         |
|--------------|------------------------------------------|----------------|----------|------|----------------------|--|-----------------------------------|------|---------|
| Елем.        | Найменування                             | Кл.            | Прим.    |      |                      |  |                                   |      |         |
|              | Експлікація                              |                |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 1            | Гідророзбивач                            | 2              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 2            | Басейн розпущеної маси                   | 2              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 3            | Дводисковий рафінер ANDRITZ TF20         | 5              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 4            | Проміжний басейн                         | 2              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 5            | Композиційний басейн                     | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 6            | Машинний басейн                          | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 7            | Бак постійного рівня                     | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 8            | Змішувальний насос №2                    | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 9            | Установка вихрових очисників VVK-300-02  | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 10           | Змішувальний насос №1                    | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 11           | Вузловловлювач                           | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 12           | Вібраційна сортувалка                    | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 13           | Напірний ящик                            | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 14           | Башмачний прес                           | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 15           | Янкі циліндр                             | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 16           | Накат                                    | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 17           | Позвдожньо-різальний верстат             | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 18           | Розкат дублюючої машини A.Celli AC 880 D | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 19           | Пристрій для спуску                      | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 20           | Гауч-мішалка                             | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 21           | Згушувач мокрого браку                   | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 22           | Басейн згущеного браку                   | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 23           | Гідророзбивач сухого браку               | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 24           | Пульсаційний млин                        | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 25           | Дисковий фільтр                          | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| 26           | Бак освітлених вод                       | 1              |          |      |                      |  |                                   |      |         |
|              |                                          |                |          |      |                      |  |                                   |      |         |
|              |                                          |                |          |      |                      |  |                                   |      |         |
|              |                                          |                |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| Змн.         | Арк.                                     | № докум.       | Підпис   | Дата | Дипломний проект     |  |                                   |      |         |
| Розроб.      |                                          | Науменко М. О. |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| Перевір.     |                                          | Трембус І.В.   |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| Реценз.      |                                          |                |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| Н. Контр.    |                                          |                |          |      | Пояснювальна записка |  | Літ.                              | Арк. | Аркушів |
| Затверд.     |                                          | Трембус І. В.  |          |      |                      |  |                                   | 1    | 2       |
|              |                                          |                |          |      |                      |  |                                   |      |         |
| Н. Контр.    |                                          |                |          |      | ЛП 2110.00.000 ПЗ    |  | НТУУ «КПІ» ІХФ, ЛП 2110.00.000 ПЗ |      |         |
| Затверд.     |                                          | Трембус І. В.  |          |      |                      |  | 78                                |      |         |
| Змн.         | Арк.                                     | № докум.       | Підпис   | Дата |                      |  |                                   |      |         |



|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ЛЦ 2110.00.000 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   | 79   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |