

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

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гомеля

«___» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності - 161 Хімічні технології та інженерія

**на тему: Очищення стічних вод картонно-паперового виробництва Приватного
акціонерного товариства „Київський картонно - паперовий комбінат”**

Виконала:

студент IV курсу, групи ЛЦ-зп01 Шелест Зоряна Анатоліївна _____

Керівник:

проф. Радовенчик В`ячеслав Михайлович _____

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 – 2023 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП 9104. 00.003 ПЗ	Пояснювальна записка	64	
3	A1	ДП 9104. 01.003 ТК	Генеральний план	1	
4	A1	ДП 9104. 02.003 ТК	Технологічна схема	1	
5	A1	ДП 9104. 03.003 ТК	План розміщення споруд	1	
6	A1	ДП 9104. 04.003 ТК	Профіль руху води	1	
7	A1	ДП 9104. 05.003 ТК	Зведений матеріальний баланс	1	

				ДП 9104.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Шелест З.А.				1	71
Керівн.	Радовенчик В.М.					
Заф.каф.	Гомеля М.Д.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ІХФ Гр. ЛЦ-зп01	

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

Інститут/факультет інженерно-хімічний
(повна назва)

Кафедра екології та технології рослинних полімерів
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший бакалаврський

Спеціальність – 161 Хімічні технології та інженерія
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
М.Д. Гомеля
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту**

Шелест Зоряні Анатоліївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Очищення стічних вод картонно-паперового виробництва
Приватного акціонерного товариства „Київський картонно - паперовий
комбінат”

керівник проєкту Радовенчик В`ячеслав Михайлович, проф.

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

затверджені наказом по університету від «26» травня 2023 р. № 2025-с

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 13 червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) папір для зошитів

Зміст (дипломного проєкту) пояснювальної записки

1. Вступ; 2. Технологічна частина; 3. Технологічні та гідравлічні розрахунки; 4.
Будівельна частина; 5. Висновки

Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням

обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо 1. Таблиця вхідних даних;

2. Характеристики очищеної води; 3. Технологічна схема; 4. План розміщення споруд; 5. Профіль руху води; 6. Охорона праці

4. Консультант розділів проєкту

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

5. Дата видачі завдання 29 травня 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання	29.05.2023	
2	Проектування технологічної схеми	29.05.2023-30.05.2023	
3	Технологічна частина	30.05.2023-01.06.2023	
4	Розрахункова частина	01.06.2023-05.06.2023	
5	Оформлення графічної частини	05.06.2023-10.06.2023	
6	Будівельна частина	10.06.2023-13.06.2023	

Студент

(підпис)

Шелест З.А.

(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Радовенчик В.М.

(ініціали, прізвище)

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

**на тему: Очищення стічних вод картонно-паперового виробництва
Приватного акціонерного товариства „Київський картонно -
паперовий комбінат”**

АННОТАЦІЯ

Дипломний проєкт на тему: «Очищення стічних вод картонно-паперового виробництва Публічного акціонерного товариства «Київський картонно-паперовий комбінат» Загальний обсяг проєкту: 71 стор. 9 табл., 4 рис.,

Мета проєкту: розробка проєкту станції очищення стічних вод: підбір технологічної схеми очистки води продуктивністю станції 20 000 м³/добу, розрахунок матеріального балансу, підбір та розрахунки технологічної схеми а також гідравлічний розрахунок очисних споруд, графічне відображення технологічної схеми водоочистки, плану розміщення споруд та профілю руху води в графічній формі.

Об`єкт дослідження: стічна вода КПК.

Результат дослідження: характеристика вхідної та вихідної очищеної води. Наведено вибір та обґрунтування технологічної схеми і розрахунок матеріального балансу та розрахунок гідравлічних та очисних споруд. Описано процеси що проводяться в наведеній технологічній схемі водоочистки. Висвітлені основні положення охорони праці. Представлена графічна частина на листах стандартного розміру А1.

Ключові терміни: ВОДООЧИСТКА,СТІЧНІ ВОДИ, КОРТОННО-ПАПЕРОВЕ ВИРОБНИЦТВО,КОАГУЛЯЦІЯ,ФЛОТАЦІЯ,ВІДСТОЮВАННЯ,ФІЛЬТРУВАННЯ, ФІЛЬТР ВАКО.

					ДП 9104. 00.003 ПЗ	Арк
						6
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

ABSTRACT

Diploma project on the topic: "Cleaning of wastewater from the cardboard and paper production of the Public Joint Stock Company "Kyiv Cardboard and Paper Combine" Total project volume: 71 pages. 9 tables, 4 figures,

The purpose of the project: development of the wastewater treatment plant project: selection of a technological scheme for water treatment with a plant capacity of 20,000 m³/day, calculation of the material balance, selection and calculations of the technological scheme, as well as hydraulic calculation of treatment facilities, graphic representation of the technological scheme of water treatment, the layout plan of facilities and profile water movement in graphic form.

Object of the study: sewage water of PDA.

Research result: characteristics of incoming and outgoing purified water.

The choice and justification of the technological scheme and the calculation of the material balance and the calculation of hydraulic and treatment facilities are given. The processes carried out in the given technological scheme of water treatment are described. The main provisions of labor protection are highlighted. The graphic part is presented on sheets of standard A1 size.

Key terms: WATER TREATMENT, WASTEWATER, PAPER PRODUCTION, COAGULATION, FLOTATION, SEDIMENTATION, FILTRATION, VACO FILTER.

					ДП 9104. 00.003 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		7

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1. Характеристики вихідної та вимоги до очищеної води	11
1.2. Вибір та обґрунтування технологічної схеми	14
1.3. Розрахунок матеріального балансу	19
1.4. Короткі теоретичні дані про процеси, що реалізуються в даній схемі	29
1.4.1. Відстоювання	30
1.4.2. Фільтрування	32
1.4.3. Флотація	33
1.4.4. Коагуляція	36
1.4.5. Флокуляція	37
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД	40
2.1. Розрахунок споруд реагентного господарства	40
2.1.1. Розрахунок об'єму басейну для зберігання реагентів	40
2.1.2. Розрахунок розчинних і витратних баків коагулянту	40
2.1.3. Розрахунок витратних баків флокулянту	42
2.2. Фільтр Вако	42
2.3. Флотаційна установка	42
2.4. Дірчатий змішувач	43
2.5. Розподільна чаша	45
2.6. Радіальний відстійник	46
2.7. Механічний фільтр	47
2.8. Резервуар очищеної води після відстійників	48
2.9. Резервуар очищеної води	49
2.10. Резервуар для збирання осаду	49

2.11. Шламосховище	49
2.12. Витратні баки флокулянту перед фільтр-пресом	50
2.13. Фільтр-прес	50
3. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	52
3.1. План розміщення споруд	52
3.2. Профіль руху води	54
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	57
4.1. Виробничий шум і вібрація	58
4.1.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на реконструйованому об'єкті	58
4.1.2. Повітря робочої зони	59
4.1.3. Нормалізація повітря робочої зони	60
4.1.4. Електробезпека	60
4.1.5. Вилучення небезпеки рухомих деталей машин , механізмів, виробів, матеріалів	61
4.1.6. Небезпека технологічних процесів та обслуговування приладів	61
4.1.7. Безпека технологічних процесів та апаратів	62
4.2. Виробниче освітлення	62
4.3. Пожежна безпека	63
ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66

ВСТУП

Целюлозно-паперове виробництво є однією з найбільш водоемних галузей в промисловості. Так, на виготовлення 1 т целюлози витрачається близько 350 м³ води. На підприємствах галузі щодобово використовується майже 9,2 млн. м³ води. Стічні води картонно-паперового виробництва містять, в залежності від композиції, волокна целюлози різної довжини та величини заряду поверхні; наповнювачі та пігменти, які різняться за щільністю, середнім розміром частинок, зарядом поверхні і т.д. До того ж, кожен вид завису зустрічається окремо або в суміші з іншим та в різному співвідношенні, яке залежить від зольності продукції, величини вимою та

Стічні води картонно-паперових виробництв піддають локальному очищенню з метою утилізації волокна та наповнювачів і реалізації водообігу. В останні роки на підприємстві впроваджено низку заходів з оптимізації водоспоживання та водовідведення. В результаті досягнуто значне зниження використання свіжої води у цілому по комбінату на 13%, у т.ч. на паперовому виробництві на 54%. Починаючи з 2005 р., питомі витрати свіжої води знижені під час виготовлення паперу-основи макулатурного на 65%, паперу-основи целюлозного - на 64%.

Слід зазначити, що більша частина паперу на комбінаті створюється з макулатури. Це дозволяє здешевити саму продукцію, знизити шкідливі викиди в атмосферу і скиди у водні ресурси, скоротити використання води. Макулатура в 1,5-2,5 рази дешевше, ніж звичайні волокнисті напівфабрикати: 1 т використаної макулатури зберігає близько

Однак вимоги у сфері охорони навколишнього середовища дедалі посилюються, що змушує промисловість більш ефективно витрачати воду, і тому підприємства усе частіше вдаються до схем повторного або оборотного водопостачання. Одним із способів збереження води у целюлозно-паперовій промисловості є повторне використання води, що пройшла очистку на локальних очисних спорудах.

Для очищення цієї води застосовують механічні і фізико-хімічні методи: відстоювання, фільтрування, флотація, коагуляція.

Виготовлення паперу з макулатури має свій недолік: концентрація змулених і колоїдних речовин у стічних водах в цьому випадку підвищується на 40% у порівнянні з виготовленням паперу з целюлозного волокна.

Для максимально ефективної роботи необхідно очищувати воду для обслуговування картонноробної машини після промивки і зрошення пресових сукон, після вакуум-насосів, сальників, воду після охолодження різних видів насосів і теплообмінників, фільтрат після ротоматів при зневодненні відходів загального флотошлама картонноробної машини, води для обслуговування папероробної машини тощо.

Метою даного проекту є проектування комплексу локальних очисних споруд для наступного повторного використання очищеної води на підприємстві «Київський картонно-паперовий комбінат».

					ДП 9104. 00.003 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		11

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика вихідної та вимоги до очищеної води

Від картонного і паперового виробництв стічні води відводяться двома потоками. Перший потік - сильнозабруднені стічні води розмольно-підготовчих відділень від сортування і очищення макулатурної маси, промивання одягу машин, миття підлог, хімічної ділянки, меловальної установки. Сильно забруднені стоки направляються на біологічну очистку на каналізаційні очисні споруди.

Другий потік - слабозабруднені стічні води від картоноробних і папероробних машин, спрямовуються на механічну очистку на локальні очисні споруди (ЛОС). Освітлена вода з ЛОС повертається у виробництво на повторне використання. Надлишок цієї води скидається в потік стічних вод, що направляються на КОС. Характеристика вихідної наведена у таблиці 1.1.

Фізико-хімічні показники очищеної води мають відповідати нормативам граничнодопустимого скиду (ГДС), наведеними в дозволі на спеціальне водокористування № 262/332, виданому Державним управлінням охорони навколишнього природного середовища в Київській області 18.12.09 р. Характеристики води після очищення наведені в таблиці 1.2.

					ДП 9104. 00.003 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		12

Таблиця 1.1 - Показники складу вихідної води

Показник	Значення
Добова витрата води	20 000 м ³
Масова концентрація завислих речовин	2386,5 мг / дм ³
БСК 5	333,5 мг / дм ³
Хлориди	68,9 мг / дм ³
Сульфати	257,3 мг / дм ³
Азот амонійний	3,9 мг / дм ³
Нітрити	0,1 мг / дм ³
Нітрати	3,0 мг / дм ³
Нафтопродукт	0,1 мг / дм ³
СПАР	0,07 мг / дм ³
ХСК	657,1 мг / дм ³
Залізо загальне	0,1 мг / дм ³
Фосфати	0,27 мг / дм ³
Фенали	0,001 мг / дм ³
Мідь	0,02 мг / дм ³
Хром 3+	0,063 мг / дм ³

Таблиця 1.2- Показники складу очищеної води

Показник	Значення
Добова витрата води	19 801,81м ³
Масова концентрація завислих речовин	5 мг / дм ³
БСК 5	3,67мг / дм ³
Хлориди	38,57мг / дм ³
Сульфати	48,44 мг / дм ³
Азот амонійний	0,4 мг / дм ³
Нітриди	0,1мг / дм ³
Нітрати	3,0мг / дм ³
Нафтопродукт	0,04 г / дм ³
СПАР	0,06 мг / дм ³
ХСК	314,8мг / дм ³
Залізо загальне	0,06 мг / дм ³
Фосфати	0,17мг / дм ³
Фенали	0,0006 мг / дм ³
Мідь	0,0006 мг / дм ³
Хром 3+	0,003мг / дм ³

1.2. Вибір і обґрунтування технологічної схеми

Вибір технології очищення стічної води залежить від характеристики води, кількості стічних вод, потрібного ступеню їх очищення та методів обробки осаду.

На локальні очисні споруди надходить слабо забруднений потік стічних вод ПАТ «Київський картонно-паперовий комбінат». Такі стічні води містять значну кількість зважених речовин у вигляді залишків волокна і мінеральних домішок. Тому для очищення таких стічних вод доцільно використовувати механічні та фізико-хімічні методи: відстоювання, фільтрування, флотацію, флокуляцію та коагуляцію.

Механічне очищення як самостійний метод застосовують у тих випадках, коли отриману очищену воду можна використовувати у виробництві або спускати у природні водойми. У всіх інших випадках механічне очищення служить попередньою стадією перед іншими видами очищення стічних вод.

Відстоювання застосовують для осадження із стічних вод грубо дисперсних домішок і видалення спливаючих домішок.

Фільтрування застосовують для видалення зі стічних вод тонкодисперсних твердих або рідких речовин.

Основними конструкційними елементами очисних установок є фільтр Вако, що має металеву сітку, на якій створюється допоміжний фільтруючий шар із свіжих волокон довговолокнутої целюлози, цей шар служить для кращого утримання волокон із води, що підлягає освітленню, і попереджає забивання сітки; а також механічний фільтр, що має пористу перегородку, проникну для води, але затримує частинки дисперсної фази. Роль пористої перегородки виконує шар гравію, а міжпоровий простір засипано піском.

За допомогою фізико-хімічних методів (коагуляція і флокуляція) зі стічних вод видаляють емульсовані і суспендовані частинки (діаметром менше 100 мкм), а також розчинені домішки. Коагуляція є одним із основних методів очищення

					ДП 9104. 00.003 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		15

стічних вод від емульсованих і суспендованих часток. Цей метод заснований на властивості колоїдної системи в певних умовах втрачати агрегативну стійкість. В якості коагулянтів застосовують в основному солі заліза та алюмінію. В даному процесі був використаний коагулянт оксохлорид алюмінію ($\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}$). Доза коагулянту залежить від концентрації домішок і складає 30 мг/дм^3

З метою підвищення ефективності очищення стічних вод спільно з коагулянтами використовують катіонний флокулянт (поліакриламід), доза котрого становить 1 мг/дм^3 . Поліакриламід забезпечує високоефективне очищення при невеликих дозах. Гарні результати виходять при обробці стічної води поліакриламідом з наступним фільтруванням через піщаний фільтр.

Флотація використовується для очищення стічних вод забруднених відходами нафти, продуктами її переробки, жирами, маслами, смолами, латексами, синтетичними та природними органічними речовинами до яких відносять ПАР, барвники, розчинники т. ін. Домішки у воді можуть бути в рідкому, твердому, колоїдному або розчинному стані. Флотаційний метод очищення, крім видалення механічних домішок, розчинних та колоїдних забруднень, забезпечує зниження значень БСК та ХСК, видалення летких компонентів, сприяє підвищенню концентрації кисню у воді. Метод ефективний при видаленні домішок, густина яких є меншою, рівна, чи незначно перевищує густину води.

Обрана схема є найбільш економічно-доцільною і сприяє зниженню споживання свіжої води та волокна на підприємстві картонно-паперового виробництва.

Стічна вода картонно-паперового виробництва поступає на фільтри Вако 1, 2, 3, 4. Фільтри Вако мають металеву сітку, на якій створюється допоміжний фільтруючий шар зі свіжих волокон довговолокнистої целюлози при першому пуску, а в подальшій роботі цей шар створюється із уловленого на фільтрі волокна. Цей шар служить для кращого утримання волокон із води, що освітлюється, і попереджає забивання сітки. Фільтр відрізняється простотою обслуговування і високою продуктивністю. Фільтр Вако з діаметром барабану 2

					ДП 9104. 00.003 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		16

м і шириною сітки 4 м має продуктивність при уловленні волокон із води паперового виробництва 3-6 м³/хв. при уловленні волокон в кількості 90-95 %. Витрата волокна для утворення допоміжного фільтруючого шару складає від 25 до 40 г на 1 м² води, що фільтрується. Таким чином, на фільтрі Вако уловлюється крупне волокно, частина якого іде на створення фільтруючого шару, а все інше уловлене волокно повертається назад у виробництво.

Після фільтру Вако вода поступає на напірні флотаційні установки з радіальним рухом води 3, 4. Тут уловлюється дрібне волокно і мінеральні домішки. Напірна флотаційна установка складається з двох вузлів: напірної камери та флотаційної камери. В напірній камері вода насичується повітрям, а в флотаційній відбувається процес очищення води при виділенні газів. Газоповітряну суміш в напірній камері отримують при використанні частини очищеної води. Тиск в напірній камері або сатураторі досягає 4 - 5 атм. І вода, і повітря подаються під тиском. Як правило, для отримання водоповітряної суміші повертають близько 10% очищеної води. Час флотації становить 20-30 хв, витрата повітря 28 дм на 1 кг завислих речовин, горизонтальна швидкість руху води не більше 5 мм/с, продуктивність кожної установки до 1000 м год. Мікробульбашки повітря прилипають до забруднюючих речовин і спливають разом з ними на поверхню у вигляді піни, що поступає в піноприймач, в якому накопичується флотошлам. Осад відводиться у приямок і перекачується разом із флотошлагом у шламосховище. В осад випадає 7-10 % завислих речовин при його вологості 95-98 %, об'єм піни при її вологості 94-95 % становить 0,36 % від загального об'єму очищеної води.

Воду змішують з коагулянтном, який попередньо розводять до необхідної концентрації в розчинному баку і подають у змішувач через витратний бак. Відбувається процес ефективного змішування. Після змішувача вода поступає в розподільчу чашу, куди подається із витратного баку флокулянт з концентрацією 0,5 %. Це сприяє укрупненню осаду. Розподільча рівномірно розподіляє воду і осад по чотирьом радіальним відстійникам.

					ДП 9104. 00.003 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		17

Особливістю цих відстійників є те, що вода рухається від центру до периферії, осад збирається в приямок за допомогою скребкового механізму. Швидкість потоку становить 5-10 мм/с. Освітлена вода подається в резервуар освітленої води, а осад - в резервуар для збору осаду. Далі освітлена вода проходить через механічний фільтр. Фільтр працює в періодичному режимі з промивкою після кожного циклу, промивні води повертаються в змішувач.

Після фільтру очищена вода направляється в резервуар очищеної води, звідки частина її забирається для промивки фільтру і приготування розчинів реагентів.

Осад з резервуару і з флотаційних установок насосами перекачується у шламосховище, а звідти - на фільтр-прес. Для більш ефективного процесу зневоднення на фільтр-прес також подають флокулянт у концентрації 0,5 %. Зневоднений осад вивозиться на полігон для захоронення.

Запропонована схема забезпечує необхідну якість очищеної води, дозволяючи зменшити об'єми свіжої води і економить значну кількість волокна для виробництва паперу.

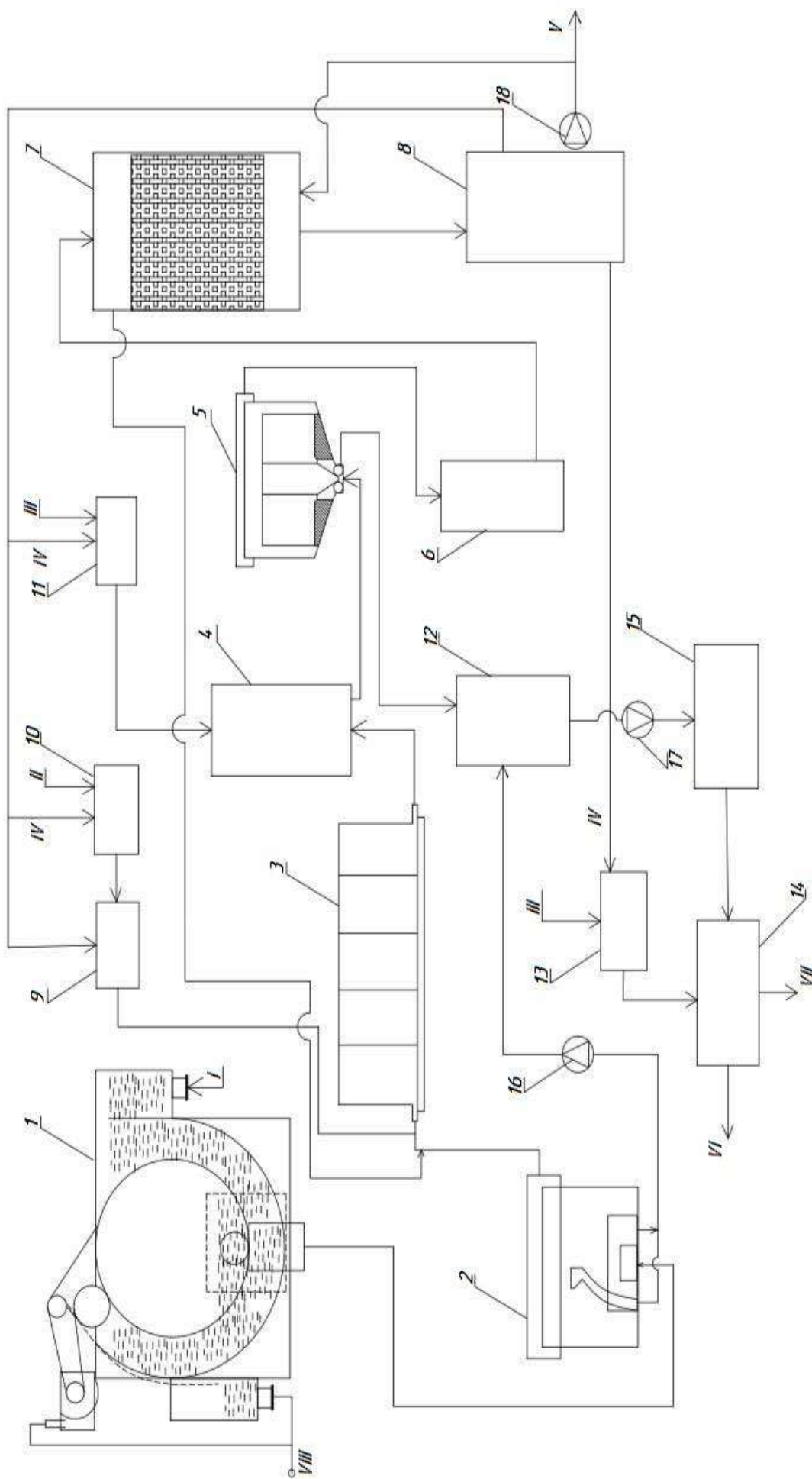


Рис. 1.1. – Технологічна схема

1.3. Матеріальний баланс

Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

№	Показник	Значення
1	2	3
1	Добова витрата стічних вод	20 000м ³
2	Концентрація завислих речовин у потоці І	2386,5 мг/дм ³
3	Концентрація завислих речовин після фільтру Вако	238,65 мг/дм ³
4	Концентрація завислих речовин після флотаційної установки	119,32 мг/дм ³
5	Частина волокна, що затримується на флотаційній установці	90 %
6	Вологість флотошламу	95 %
7	Доза коагулянту	30 мг/дм ³
8	Концентрація коагулянту в розчинному баці	20 %
9	Концентрація коагулянту в витратному баці	5 %
10	Доза флокулянту	1 мг/дм ³
11	Концентрація флокулянту в витратному баці	0,5 %
12	Концентрація завислих речовин після радіальних відстійників	20 мг/дм ³
13	Вологість осаду у радіальних відстійниках	93,5 %
14	Концентрація твердої фази в осаді радіальних відстійників	32000 мг/дм ³

Продовження таблиці 1.3.

1	2	3
15	Нормальна швидкість фільтрування V_n	8 м/год
16	Інтенсивність подачі води на промивку фільтрів ω	16 $\text{дм}^3/\text{с}\cdot\text{м}^2$
17	Час промивки фільтрів t_1	0,1 год
18	Час простою фільтрів у зв'язку з промивкою t_2	0,33 год
19	Число промивок фільтрів за добу n	2
20	Час роботи станції протягом доби T	24 год
21	Концентрація завислих речовин на виході з механічного фільтру	5 $\text{мг}/\text{дм}^3$
22	Доза флокулянту перед фільтр-пресом	2 $\text{мг}/\text{дм}^3$
23	Вологість осаду на виході з фільтр-пресу	60 %

Розрахунок матеріального балансу

Початкова концентрація завислих речовин у воді $C_{\text{вх}}$ складає 2386,5 $\text{мг}/\text{дм}^3$. Розрахуємо концентрацію завислих речовин на виході з фільтра Вако, враховуючи, що його ефективність 90 %:

$$C_1 = 2386,5 \cdot 0,1 = 238,65 \text{ мг} / \text{дм}^3$$

Маса уловленого на фільтрі Вако волокна:

$$M_1 = \frac{Q(C_{\text{вх}} - C_1)}{10^{-6}} = \frac{20000(2386,5 - 238,65)}{10^6} = 42,96 \text{ т} / \text{добу}$$

З неї для створення фільтруючого шару направляється:

$$M_{\text{ф.ш.}} = 30 \cdot 20000 \cdot 10^{-6} = 0,6 \text{ т} / \text{добу}$$

На виробництво повертається:

$$M_{\text{вир.}} = M_1 - M_{\text{ф.ш.}} = 42,96 - 0,6 = 42,36 \text{ т} / \text{добу}$$

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

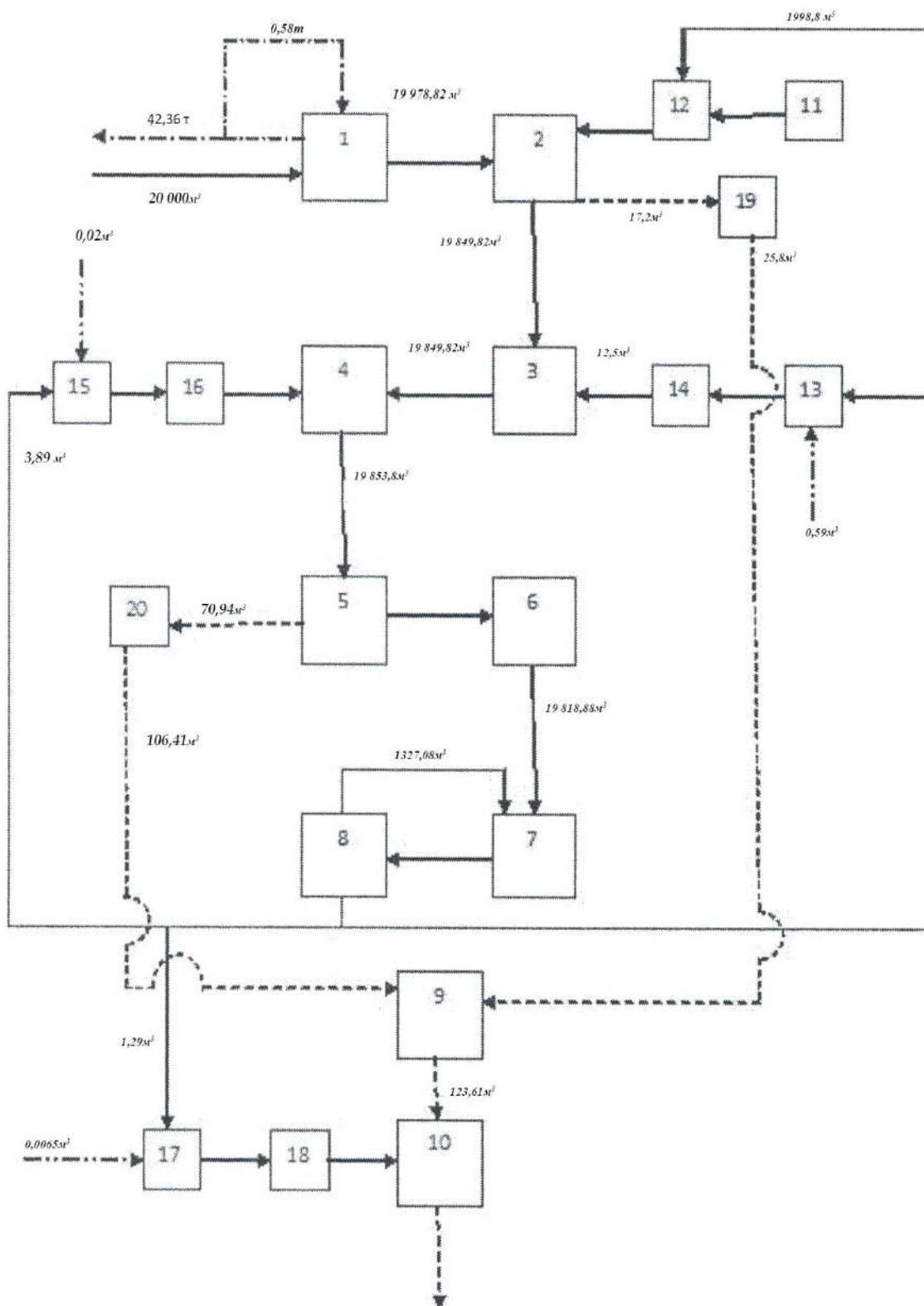


Рисунок 1.2 – Блок-схема матеріального балансу

Пояснення до блок-схеми матеріального балансу:

- 1 – фільтр Вако
- 2 – флотаційна камера
- 3 – змішувач
- 4 – розподільча чаша
- 5 – радіальні відстійники
- 6 – резервуар
- 7 – механічний фільтр
- 8 – резервуар очищеної води
- 9 – шламосховище
- 10 – фільтр-прес
- 11 – компресор
- 12 – напірна камера
- 13 - розчинний бак коагулянту
- 14 – витратний бак коагулянту
- 15, 17 – розчинний бак флокулянту
- 16, 18 – витратний бак флокулянту
- 19, 20 – резервуар-накопичувач осаду

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

Об'єм води, що поступає на флотаційну установку, з урахуванням видаленого волокна (густину волокна разом з мінеральним наповнювачем прийmemo 2 г/м³):

$$Q_2 = Q_1 - V_{\text{вол.}}$$

$$V_{\text{вол.}} = \frac{M_{\text{вир.}}}{\rho} = \frac{42,36}{2} = 21,18 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

$$Q_2 = 20000 - 21,18 = 19978,82 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Концентрація завислих речовин на виході з флотаційної установки при її ефективності 50 %:

$$C_2 = 238,65 \cdot 0,5 = 119,32 \text{ мг} / \text{дм}^3$$

Маса уловленого на флотаційній установці волокна становить:

$$M_2 = \frac{20\,000 (238,65 - 119,32)}{10^6} = 2,39 \text{ т} / \text{добу}$$

Волокно, що затримується на флотаційній установці, складає 90 %, а вологість суспензії 95 %:

$$2,39 \text{ т/добу} - 100 \%$$

$$x \text{ т/добу} - 90\%$$

$$x_{\text{вол.}} = \frac{2,39 \cdot 90}{100} = 2,15 \text{ т} / \text{добу}$$

$$2,15 \text{ т/добу} - 5 \%$$

$$x \text{ т/добу} - 95\%$$

$$x_{\text{води}} = \frac{2,15 \cdot 95}{5} = 40,85 \text{ т} / \text{добу}$$

Кількість вологого волокна, що іде в шлам:

$$x_{\text{шлам}} = x_{\text{вол.}} + x_{\text{води}} = 2,15 + 40,85 = 43 \text{ т} / \text{добу}$$

Осад, що утворюється у флотаційній установці, становить 10 %:

$$43 \text{ т/добу} - 100 \%$$

$$x_{\text{ос.}} \text{ т/добу} - 10 \%$$

$$x_{\text{ос.}} = \frac{43 \cdot 10}{100} = 4,3 \text{ т} / \text{добу}$$

Прийmemo, що термін ущільнення осаду складає 12 год, тоді за даними СНіПу 2.04.02-84 середня концентрація твердої фази в осаді становить 250000 г/м³. Об'єм шламу складає:

$$V_{\text{шл.}}^1 = \frac{x_{\text{ос}} \cdot 10^6}{250000} = \frac{4,3 \cdot 10^6}{250000} = 17,2 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

З урахуванням того, що при транспортуванні осаду його об'єм збільшується, врахуємо коефіцієнт розчинення 1,5 і розрахуємо об'єм шламу, що перекачується у шламосховище:

$$V_{\text{шл.}}^{1'} = 1,5 \cdot V_{\text{шл.}}^1 = 1,5 \cdot 17,2 = 25,8 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Маса вологого шламу:

$$4,3 \text{ т/добу} - 4 \%$$

$$M_{\text{вол.ос.}} \text{ т/добу} - 96 \%$$

$$M_{\text{вол.ос.}} = \frac{4,3 \cdot 96}{4} = 103,2 \text{ т / добу}$$

Маса шламу:

$$M_{\text{шл.}}^1 = 25,8 + 103,2 = 129 \text{ т / добу}$$

Подача води на утворення газоповітряної суміші для флотації:

$$q = 0,1 \cdot Q_2 = 0,1 \cdot 19\,978,82 = 1998,8 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

У змішувач поступає води:

$$Q_3 = Q_2 - M_{\text{шл.}}^1 = 19\,978,82 - 129 = 19\,849,82 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Дозу коагулянту обираємо за СНіПом і вона складає 30 мг/дм³. За мокрого зберігання коагулянту його витрата:

$$Q_k = \frac{Q \cdot D_k}{10000 \cdot P} = \frac{19\,849,82 \cdot 30}{10000 \cdot 65,1} = 0,9 \text{ т / добу} = 0,7 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Доза чистого коагулянту становить:

$$Q_k^1 = 0,9 \cdot 0,651 = 0,59 \text{ т / добу}$$

В розчинному баку розчин має 20 % концентрацію, для цього потрібно води:

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

$$Q_{води}^1 = \left(0,59 \cdot \frac{80}{20} \right) - 0,41 = 1,95 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

У витратних баках розчин доводять до 5 % концентрації, а отже необхідна кількість води становить:

$$Q_{води}^2 = \left(0,59 \cdot \frac{95}{5} \right) - (1,95 - 0,59) = 9,85 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Усього з витратного баку подається розчину коагулянту:

$$0,7 + 1,95 + 9,85 = 12,5 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

У розподілчашу поступає 19 849,82 м³/добу води. Дозу флокулянту приймемо 1 мг/дм³. Добова витрата флокулянту:

$$Q_{\phi} = \frac{Q \cdot D_{\phi}}{10^6} = \frac{19\,849,82 \cdot 1}{10^6} = 0,02 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

З розрахунку того, що у витратному баці концентрація флокулянту становить 0,5 %, потрібно води:

$$Q_{води}^3 = 0,02 \cdot \frac{99,5}{0,5} = 3,98 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

На радіальні відстійники поступає:

$$Q_5 = Q_{води}^3 + Q_4 = 3,98 + 19\,849,82 = 19\,853,8 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Концентрація завислих речовин на вході у відстійник:

$$C = M + K_1 \cdot D_k = 119,32 + 0,5 \cdot 30 = 134,32 \text{ мг} / \text{дм}^3$$

За СНіПом, концентрація завислих речовин на виході з відстійників становить 20 мг/дм³. Звідси маса шламу за сухою речовиною:

$$M_{\text{сух.р.}}^3 = \frac{Q(C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}})}{10^6} = \frac{19\,853,8(134,32 - 20)}{10^6} = 2,27 \text{ т} / \text{добу}$$

Приймаємо термін ущільнення осаду 12 год, концентрація твердої фази в осаді 32000 г/м³. Об'єм шламу:

$$V_{\text{шл}}^3 = \frac{M_{\text{шл}} \cdot 10^6}{\delta} = \frac{2,27 \cdot 10^6}{32000} = 70,94 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Об'єм шламу, що перекачується в шламосховище, визначається з врахуванням коефіцієнта 1,5:

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

$$V_{\text{шл}}^3 = 1,5 \cdot V_{\text{шл}}^3 = 1,5 \cdot 70,94 = 106,41 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Вологість осаду в радіальних відстійниках становить 93,5 %.

Знайдемо масу вологого шламу:

$$2,27 \text{ т/добу} - 6,5 \%$$

$$x \text{ т/добу} - 93,5 \%$$

$$M_{\text{вол.шл.}} = \frac{2,27 \cdot 93,5}{6,5} = 32,65 \text{ т / добу}$$

Загальна маса шламу з відстійників:

$$M_{\text{шл.}} = 2,27 + 32,65 = 34,92 \text{ т / добу}$$

Об'єм води, що поступає на механічний фільтр:

$$Q_7 = Q_5 - M_{\text{шл.}} = 19\,853,8 - 34,92 = 19\,818,88 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Концентрація зважених речовин на виході з мехфільтру становить 5 мг/дм³ (оскільки ефективність очистки від завислих речовин в каркасно-засипних фільтрах становить 70-80 %). Розрахуємо площу фільтрування:

$$F = \frac{Q}{TV_n - 3,6\omega t_1 n - t_2 V_n n} = \frac{19\,818,88}{24 \cdot 8 - 3,6 \cdot 16 \cdot 0,1 \cdot 2 - 2 \cdot 0,33 \cdot 8} = 113,12 \text{ м}^2$$

Число фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{113,12}}{2} = 5,3 \approx 6$$

Площа одного фільтра:

$$F_1 = \frac{F}{N} = \frac{113,12}{6} = 18,9 \text{ м}^2$$

Обираємо типовий елемент фільтру розміром $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ м}^2$.

Витрата води на промивку 1 фільтру:

$$q_{\text{пром.}} = F_1 \cdot \omega = 19,2 \cdot 16 = 307,2 \text{ дм}^3 / \text{с}$$

Витрата води на промивку 1 фільтра на добу (кількість промивок – 2 на добу):

$$q_{\text{пром.}}^1 = q_{\text{пром.}} \cdot t_1 \cdot n = 307,2 \cdot 360 \cdot 2 = 221\,184 \text{ дм}^3 = 221,18 \text{ м}^3$$

Витрати води на промивку усіх 6 фільтрів складають:

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

$$q_{\text{пром.}}^7 = q_{\text{пром.}}^1 \cdot 6 = 221,18 \cdot 6 = 1327,08 \text{ м}^3$$

Після промивки промивні води направляються в голову очисних споруд у змішувач.

Об'єм і маса осаду, що надходить щодоби у шламонакопичувач із флотаційних установок і відстійників:

$$V_{\text{ш}}^3 = V_{\text{ш}}^1 + V_{\text{ш}}^2 = 17,2 + 106,41 = 123,61 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

$$M_{\text{ш}}^3 = M_{\text{ш}}^1 + M_{\text{ш}}^2 = 129 + 34,92 = 163,92 \text{ т} / \text{добу}$$

$$163,92 \text{ т} / \text{добу} - 100 \%$$

$$X_{\text{води}} \text{ т} / \text{добу} - 96 \%$$

$$X_{\text{води}} = \frac{163,92 \cdot 96}{100} = 157,4 \text{ т} / \text{добу}$$

Маса шламу за сухою речовиною:

$$163,92 - 157,4 = 6,52 \text{ т} / \text{добу}$$

Після шламонакопичувача осад направляється на фільтр-прес, де його вологість знижується до 60 %, і далі його захоронюють. Маса осаду на захоронення:

$$6,52 \text{ т} / \text{добу} - 40\%$$

$$X \text{ т} / \text{добу} - 100 \%$$

$$X = \frac{6,52 \cdot 100}{40} = 16,3 \text{ т} / \text{добу}$$

Добова витрата флокулянту, що подається на фільтр-прес:

$$1 \text{ г флокулянту} - 0,001 \text{ г сухої речовини}$$

$$X \text{ г флокулянту} - 1 \text{ т сухої речовини}$$

$$X = 1000 \text{ г}$$

$$1000 \text{ г флокулянту} - 1 \text{ т сухої речовини}$$

$$X \text{ г флокулянту} - 6,52 \text{ т сухої речовини}$$

$$X = \frac{6,52 \cdot 1000}{1} = 6520 \text{ г} / \text{добу} = 0,0065 \text{ т} / \text{добу}$$

Для того, щоб у витратному баку довести розчин флокулянту до 0,5 % концентрації, необхідно води:

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

$$Q_{води}^4 = 0,0065 \cdot \frac{99,5}{0,5} = 1,29 \text{ м}^3 / \text{води}$$

Враховуючи вологість осаду до (96 %) і після (60 %) зневоднення, можна визначити, яка кількість фільтрату направляється на КОС:

$$V_{ф-ту} = \frac{123,61(96-60)}{100} = 44,5 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Кількість води, що забирається з резервуару чистої води для приготування розчинів реагентів, становить:

$$1,95 + 3,98 + 1,29 + 9,85 = 17,07 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Таблиця 1.4 – Зведена таблиця розрахунку матеріального балансу

№	Показник	Значення
1	Маса волокна для створення фільтруючого шару на фільтрі Вако	0,6 т
2	Маса волокна, що повертається на виробництво	42,36 т
3	Об'єм води, що поступає на флотаційну установку	19 978,82 м ³
4	Об'єм води для створення водоповітряної суміші	1997,88 м ³
5	Об'єм осаду, що надходить з флотаційної установки	17,2 м ³
6	Об'єм осаду, що іде на шламонакопичувач після флотації	25,8 м ³
7	Об'єм води, що поступає у змішувач	19 849,82 м ³
8	Маса коагулянту	0,59 т
9	Кількість води для приготування розчину коагулянту (розчинний бак)	1,95 м ³
10	Кількість води для приготування розчину коагулянту (витратний бак)	9,85 м ³

Продовження таблиці 1.4

1	2	3
11	Кількість флокулянту	0,02 м ³
12	Кількість води для приготування розчину флокулянту (розчинний бак)	3,98 м ³
13	Об'єм води, що поступає у радіальні відстійники	19 853,8 м ³
14	Об'єм осаду, що іде на шламонакопичувач після відстійників	123,61 м ³
15	Об'єм води, що поступає на механічний фільтр	19 818,88 м ³
16	Об'єм води, що поступає для промивки мехфільтрів	1327,08 м ³
17	Об'єм осаду, що поступає на фільтр-прес	123,61 м ³
18	Маса флокулянту для фільтр-пресу	0,0065 т
19	Об'єм води, що поступає для розчинення флокулянту перед фільтр-пресом	1,29 м ³
20	Кількість води, що забирається з резервуару для приготування розчинів реагентів	17,07 м ³
21	Кількість води, що йде на повторне використання	19 801,81 м ³

1.4. Короткі теоретичні дані про фізичні та хімічні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі

Основними процесами, що реалізуються в даній технології, є відстоювання, фільтрування, флотація, коагуляція та флокуляція.

1.4.1. Відстоювання

На частинку, яка знаходиться в рідині, при осадженні діють сили тяжіння, опору рідини та сила інерції рідини. Виходячи з цього, виводиться рівняння Стокса:

$$U = \frac{g(\rho - \rho_0)d^2}{18\mu}$$

де U - швидкість осідання часток, м/с; g - прискорення вільного падіння, м/с²; ρ - густина частки, г/м³; ρ_0 - густина води, г/м³; d - діаметр частки, м; μ - в'язкість води.

За формулою Стокса швидкість можна визначити лише для однорідних часток з однаковою густиною. Реально при очищенні природних та стічних вод ми маємо справу з полідисперсними системами – з різними розмірами і різною густиною часток, для яких ефективність освітлення змінюється з часом.

Швидкість осідання є основним параметром, який описує процес відстоювання і застосовується при розрахунку відстійників. Для визначення швидкості відстоювання тих чи інших гетерогенних систем використовують технологічні дослідження або користуються табличними значеннями із нормативних документів для природних вод (в залежності від їх каламутності в довідниках є дані по гідравлічній крупності осаду, тобто по швидкості осідання при температурі 10 °С).

Для природних та стічних вод, для яких невідомі табличні значення по гідравлічній крупності осадів, проводять технологічні дослідження. Для цього беруть суспензії, гомогенізують їх, а потім відстоюють, фіксуючи висоту шару освітленої води через певний час. Так, часу t_1 відповідає висота шару освітленої води h_1 , часу t_2 – h_2 .

Для однорідних часток справедливе відношення:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

Для полідисперсних систем справедливе рівняння:

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^n$$

де n – показник, який враховує нелінійність процесу відстоювання полідисперсних суспензій:

$$n = \frac{\lg t_1 - \lg t_2}{\lg h_1 - \lg h_2}$$

Після визначення t_1 , t_2 , h_1 та h_2 та розрахунку показника n визначають швидкість відстоювання (U):

$$U = \frac{h_1}{t_2 \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^n}$$

Значення швидкості відстоювання U використовують при проектуванні відстійників.

В нашій схемі використовуються радіальні відстійники. Особливістю їх є те, що вода рухається від центру до периферії, осад збирається в приямок за допомогою скребкового механізму.

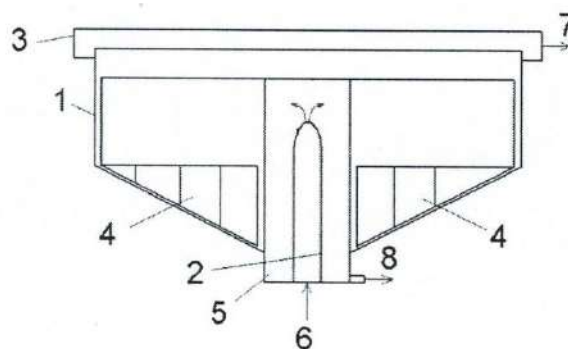


Рис. 1.3 - Радіальний відстійник:

1 – зона відстоювання радіального відстійника; 2 – центральна труба для подачі води; 3 – периферійний лоток для збирання освітленої води; 4 – скребковий механізм; 5 – приямок для накопичення осаду; 6 – подача води; 7 – відведення освітленої води; 8 – відведення осаду.

1.4.2. Фільтрування

Фільтрування – це метод очищення води від завислих речовин при пропусканні її через пористий матеріал. Як пористий матеріал використовують різноманітні завантаження, які складаються з кварцового піску, дробленого керамзиту, антрациту. Фільтруючим матеріалом можуть бути спеціальні тканини, керамічні і скляні пористі перегородки, синтетичні полімерні мембрани.

На крупних станціях водопідготовки та водоочищення використовують зернисте завантаження із кварцового піску, керамзиту та антрациту.

У процесах очищення води фільтруванням розрізняють два механізми фільтрування. По першому механізму забруднення збирається тонким шаром на поверхні фільтруючого зернистого завантаження або фільтруючого матеріалу. Цей механізм реалізується тоді, коли пори фільтруючого матеріалу менші за розміри завислих часток або фільтрування відбувається через наливний шар.

Наливний шар – це тонкий шар дрібнодисперсних речовин, який осідає на поверхні фільтруючого матеріалу. Він може формуватися із домішок, які є у воді або із домішок, які спеціально вносяться у воду. Другий механізм реалізується при затриманні завислих речовин в об'ємі фільтруючого завантаження. Завислі речовини затримуються за рахунок адгезії до часток фільтруючого матеріалу. Даний механізм реалізується при використанні насипних фільтруючих матеріалів у швидких фільтрах.

На станціях водопідготовки та очищення стічних вод частіше за все використовують насипні фільтри. Їх умовно поділяють на повільні та швидкі фільтри. При експлуатації будь-яких фільтрів із насипним завантаженням процес фільтрування проходить періодично. На першій стадії відбувається очищення води при пропусканні через пористий матеріал до вичерпання брудомісткості фільтрів. Цей період називається

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

фільтроциклом. Про завершення фільтроциклу судять за проскоком завислих речовин або за підвищенням до критичних значень гідравлічного опору фільтрів. Після завершення фільтроциклу, фільтри відключають на очищення – це друга стадія. У разі швидких фільтрів їх просто промивають інтенсивним потоком води. В окремих випадках подають разом з водою стиснуте повітря, тобто реалізується водоповітряна промивка. Подача води при промиванні фільтрів може бути знизу вгору і зверху вниз. При очищенні повільних фільтрів механічно знімають верхній намівний шар. Після очищення фільтр знову використовують в процесі фільтрування води. Як правило, на станції є певна кількість фільтрів. Для забезпечення безперервної роботи станції фільтри на очищення відключають по чергово.

1.4.3. Флотація

Метод флотації – це метод очищення природних та стічних вод оснований на використанні бульбашок газів для винесення домішок на поверхню води у вигляді плівки, шламу або піни. Метод використовується для очищення стічних вод забруднених відходами нафти, продуктами її переробки, жирами, маслами, смолами, латексами, синтетичними та природними органічними речовинами до яких відносять ПАР, барвники, розчинники т. ін. Домішки у воді можуть бути в рідкому, твердому, колоїдному або розчинному стані.

Флотаційний метод очищення, крім видалення механічних домішок, розчинних та колоїдних забруднень, забезпечує зниження значень БСК та ХСК, видалення летких компонентів, сприяє підвищенню концентрації кисню у воді. Метод ефективний при видаленні домішок, густина яких є меншою, рівна, чи не значно перевищує густину води.

Ефективність методу знаходиться у широких межах: від 20 до 99%.

Частіше за все флотаційний метод застосовують в локальних очисних спорудах для уловлювання певних домішок (ПАР; барвників і

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

т.д.). Крім того на локальних очисних спорудах видаляють основну масу забруднень.

Флотаційні процеси проходять в 4-6 разів швидше в порівнянні з відстоюванням при майже однаковому ефекті очищення.

Крім того, шлами, які виділяють при застосуванні флотації, мають меншу вологість в порівнянні зі шламами відстійників. Вилучення диспергованих колоїдних часток або розчинених домішок з води, відбувається в результаті їх прилипання (адсорбції) до бульбашок газу або при адсорбції бульбашок газу до часток. Бульбашки газу вводять в воду або утворюють в ній за рахунок фізичних та хімічних процесів.

Агрегати бульбашок газів з домішками впливають на поверхню, утворюючи шар піни з більш високою концентрацією забруднень, ніж у рідині. Всі процеси, пов'язані з переходом речовини в шар піни за рахунок адсорбції до бульбашок газу отримали назву адсорбційної бульбашкової сепарації.

Всі методи флотації за способом диспергування газів у воді поділяються на напірну, пневматичну, електрохімічну, механічну та хімічну флотацію.

У напірній флотації на першій стадії відбувається насичення води повітрям під тиском 4 - 5 атм. При переміщенні води в флотаційну камеру тиск знижується до атмосферного, що сприяє виділенню надлишку розчиненого повітря у вигляді дрібних бульбашок.

У пневматичній флотації диспергування повітря відбувається при пропусканні його через пористу перегородку, яка знаходиться в нижній частині флотаційної камери.

У механічній флотації диспергування повітря відбувається за допомогою високооборотних мішалок (імпелерних мішалок).

В електрохімічній флотації гази утворюються за рахунок електрохімічного розкладу води.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

У хімічній флотації гази утворюються в результаті хімічних реакцій.

Із розглянутих методів в процесах очищення води частіше за все застосовують метод напірної флотації. Дані установки використовують на станціях водоочищення великої і малої потужності.

Напірна флотаційна установка складається з двох вузлів: напірної камери та флотаційної камери.

В напірній камері вода насичується повітрям, а в флотаційній відбувається процес очищення води при виділенні газів. Газоповітряну суміш в напірній камері отримують при використанні частини очищеної води. Тиск в напірній камері або сатураторі досягає 4 - 5 атм. І вода, і повітря подаються під тиском. Як правило, для отримання водоповітряної суміші повертають близько 10% очищеної води.

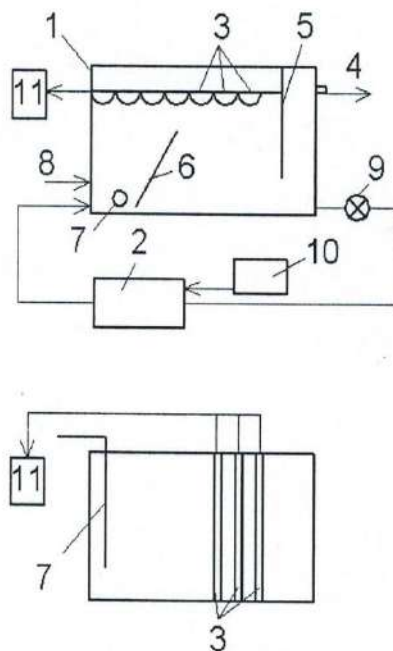


Рис. 1.4 - Схема напірної флотаційної камери:

1 – флотаційна камера; 2 – напірна камера; 3 – лотки для збирання піни; 4 – фіксований водозлив; 5 – вертикальна підвісна перегородка; 6 – похила водорозподільна перегородка; 7 – водорозподільний пристрій; 8 – подача води на очищення; 9 – насос; 10 – компресор; 11 – піноприймач.

Установка працює так: на вхід у флотаційну камеру подається вода на очищення та водоповітряна суміш із напірної камери. Водоповітряна суміш подається через розподільний пристрій за допомогою фільтрів, в яких діаметр отворів вибрано так, щоб швидкість руху водоповітряної суміші була не нижчою за 15 м/с. Ці діаметри легко визначити з витрати газоповітряної суміші.

1.4.4. Коагуляція

Багато речовин, що обумовлюють мутність та кольоровість води знаходяться в ній в колоїдному стані. Для освітлення та знебарвлення води використовують методи обробки, що базуються на застосуванні реагентів (коагулянтів та флокулянтів), що забезпечують переведення в осад колоїдно-дисперсних домішок та забруднень.

Для інтенсивності процесів очистки води використовують коагулянти.

Коагулянти – це солі алюмінію та заліза, які здатні гідролізуватись у воді з утворенням золів гідроксидів, які здатні коагулювати із завислими та колоїдними частинками присутніми у воді.

Крім коагуляції процеси освітлення води інтенсифікують, за рахунок адсорбції та адгезії домішок на розвинутій поверхні гідроксидів металу.

Укрупнення домішок, які є у воді супроводжується підвищенням їх гідравлічної крупності, що підвищує ефект відстоювання, а також призводить до підвищення ефективності фільтрування, за рахунок покращеної адгезії дисперсних та колоїдних частинок до фільтруючої загрузки.

Найбільш складною є задача видалення з води домішок колоїдного ступеня дисперсності.

Частіше за все при внесенні коагулянту в розчин відбувається гідроліз металу з формуванням пластівців гідроксиду металу. Пластівці гідроксиду металу здатні до сорбції різноманітних домішок, що

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

знаходяться у воді. Укрупнення часток гідроксидів металів відбувається за рахунок агрегації (коагулюючої дії часток) або за рахунок орієнтації (за рахунок росту кристалічної решітки), коли приєднуються окремі молекули до часток гідроксиду.

1.4.5. Флокуляція

Флокуляція – це процес укрупнення колоїдних та завислих домішок при застосуванні флокулянтів.

Вважається, що цей процес в основному проходить по містковому механізму.

Згідно з цим механізмом, процес укрупнення відбувається за рахунок адсорбції окремих сегментів флокулянту на завислих частках. При цьому, сорбуючись окремими фрагментами на різних частках, молекула флокулянту зв'язує кілька (не менше двох) завислих часток.

Процес фіксації сегментів макромолекули на завислих частках відбувається за рахунок: адсорбції, дії сил міжмолекулярного притягування (Ван-дер-Ваальса) або за рахунок електростатичного притягування та іонного обміну.

Електростатичне притягування має місце, коли катіонні флокулянти взаємодіють із частками з негативним значенням електрокінетичного потенціалу або навпаки, коли аніонні флокулянти взаємодіють із позитивно зарядженими частками.

Механізм іонного обміну реалізується коли флокулянт, який має бути поліелектролітом (катіонний або аніонний) вступає в реакції іонного обміну із завислими частками. Процес флокуляції за рахунок іонного обміну характеризується високою швидкістю агрегації часток і флокулянта (процес практично завершується при змішуванні реагентів з водою).

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

Як правило, процес флокуляції відбувається послідовно. Спочатку молекула флокулянту сорбується на 1 частці, потім приєднується ще одна частка забруднення за рахунок вторинної адсорбції.

На ефективність взаємодії флокулянта і завислих часток значно впливає величина поверхневого заряду і наявність іоногенних груп у молекулі флокулянту.

Крім місткового механізму флокуляції при використанні флокулянтів може бути реалізований і інший механізм. Наприклад, зменшення величини поверхневого заряду завислих часток при адсорбції на їх поверхні флокулянтів, за рахунок протилежного заряду потенціал визначаючих іонів флокулянтів.

Відомо, що протиіони краще сорбуються із збільшенням величини їх заряду, а флокулянт можна розглядати як полізарядний іон, тому він буде досить ефективно взаємодіяти із зарядженими колоїдними частками. Не обов'язково, щоб в процесі флокуляції молекули флокулянту покривали всю поверхню частки, іноді досить 40 – 60% площі поверхні частки. Даний процес має дуже велике значення при зневодненні гідрофільних осадів, вологість яких сягає 99 і більше %.

При введенні флокулянту з дозою 1 г/кг сухої речовини осаду, відбувається ефективна агрегація часток твердої фази осаду із легким відділенням води. В основному ефект досягається за рахунок того, що флокулянт краще за воду адсорбується на поверхні часток і при їх адсорбції руйнуються кластерні структури води в гідратній оболонці. Саме завдяки такому ефекту процес зневоднення реалізується при дуже малих дозах флокулянту (від 100 мг до 1 г/кг сухої речовини осаду).

Доза флокулянту в значній мірі впливає на ефективність процесу флокуляції. При оптимальних дозах процес йде максимально швидко. При недостатній кількості флокулянту процес не завершується і очищення недостатнє. А при надлишку флокулянту ефект очищення може бути не

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

досягнутим, бо відбувається перезарядка поверхні часток на протилежний знак або за рахунок утворення просторових сіток із флокулянтів у розчині, які будуть перешкоджати зближенню та агрегації часток.

В практиці водоочищення флокуляцію застосовують разом із коагуляцією у випадку, коли необхідно досягти гідрофобізації часток осаду. Крім того флокулянти використовують індивідуально або в композиціях із іншими флокулянтами, в залежності від характеристики завислих часток.

В сучасних процесах водоочищення флокулянти широко застосовують в процесах зневоднення осадів, що утворюються при очищенні води. В даних процесах найкращим є флокулянт на основі поліакриламідів.

Виходячи із розглянутого механізму флокуляції можна сказати, що ефективність флокуляції буде зростати із збільшенням лінійних розмірів молекули флокулянту, що досягається за рахунок підвищення ступеню полімеризації та молекулярної маси, а також за рахунок розвертання молекул в розчинах. Цьому сприяють іоногені фрагменти (групи) в макромолекулі флокулянту.

Найбільшою молекулярною масою характеризуються флокулянти на основі поліакриламиду (молекулярна маса досягає 30 млн. вуглецевих одиниць). Внаслідок високої молекулярної маси флокулянтів їх розчинність у воді досить обмежена, тому робочі розчини мають концентрацію = 0,05 – 0,5%. При застосуванні флокулянтів з великою молекулярною масою не допускається їх дозування перед насосами, бо при проходженні через насос, внаслідок кавітаційних явищ, відбувається руйнування молекул і зменшується ефективність флокуляції.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

2.1. Розрахунок споруд реагентного господарства

В даній технології локального очищення стічних вод використовуються коагулянт оксохлорид алюмінію $(\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ та флокулянт поліакриламід.

2.1.1. Розрахунок об'єму басейну для зберігання реагентів

При мокрому зберіганні реагентів їх розміщують в басейнах і заливають водою. Для розрахунку об'єму басейну, спочатку визначають витрати реагенту протягом доби:

$$G = \frac{Q \cdot D_k}{10000 \cdot P} = \frac{19\,849,82 \cdot 30}{10000 \cdot 65,1} = 0,92 \text{ м / добу}$$

Маса реагенту на певний період визначається за формулою :

$$G_T = G \cdot T = 0,92 \cdot 15 = 13,8 \text{ т}$$

Об'єм басейну розраховують :

$$W = \omega \cdot G_T = 2 \cdot 13,8 = 27,6 \text{ м}^3$$

де ω – питомий об'єм басейну, в якому розчиняється 1 т реагенту, $\omega = 1,9 - 2,5 \text{ м}^3/\text{т}$.

Приймаємо глибину басейну $h=2 \text{ м}$. Тоді його площа:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{27,6}{2} = 13,8 \text{ м}^2$$

2.1.2. Розрахунок розчинних та витратних баків коагулянту

Об'єм розчинного баку коагулянту:

$$W_P = \frac{q \cdot D_P \cdot t}{10000 \cdot \rho_P \cdot \rho} = \frac{1071,07 \cdot 30 \cdot 12}{10000 \cdot 20 \cdot 1,3} = 1,48 \text{ м}^3$$

де W_P – об'єм розчинного баку; q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; D_P – доза реагенту, $\text{г}/\text{м}^3$; t – період роботи станції в годинах, що забезпечується

даною кількістю реагенту; ϵ_p – концентрація реагенту в розчинному баку (15 - 20), %; ρ – густина розчину, т/м³.

Розчинних баків повинно бути не менше трьох. Приймаємо кількість розчинних баків 3. Тоді об'єм одного баку:

$$W_p^1 = \frac{W_p}{3} = \frac{1,48}{3} = 0,49 \text{ м}^3$$

Прийmemo висоту баку $h = 0,5$ м, тоді площа перерізу баку:

$$F = \frac{W_p^1}{h} = \frac{0,49}{0,5} = 1 \text{ м}^2$$

Оскільки бак круглий в плані, тоді діаметр:

$$D = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{1}{3,14}} = 1,13 \text{ м}$$

Об'єм витратного баку коагулянту:

$$W_B = \frac{\epsilon_p}{\epsilon_e} W_p = \frac{20}{5} \cdot 1,48 = 5,92 \text{ м}^3$$

де W_B – об'єм витратного баку, м³; ϵ_p – концентрація у розчинному баку, %; ϵ_e – концентрація у витратному баку (3 - 5), %.

Витратних баків повинно бути не менше двох. Приймаємо кількість витратних баків 2. Тоді об'єм одного баку:

$$W_e^1 = \frac{W_e}{2} = \frac{5,92}{2} = 2,96 \text{ м}^3$$

Прийmemo висоту баку $h = 1$ м, тоді площа перерізу баку:

$$F = \frac{W_e^1}{h} = \frac{2,96}{1} = 2,96 \text{ м}^2$$

Оскільки бак круглий в плані, тоді діаметр:

$$D = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{2,96}{3,14}} = 1,94 \text{ м}$$

2.1.3. Розрахунок витратних баків флокулянту

Об'єм розчинного баку флокулянту:

$$W_p = \frac{q \cdot D_p \cdot t}{10000 \cdot e_p \cdot \rho} = \frac{1071,07 \cdot 1 \cdot 24}{10000 \cdot 0,5 \cdot 1,03} = 4,99 \text{ м}^3$$

де W_p – об'єм розчинного баку; q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; D_p – доза реагенту, $\text{г}/\text{м}^3$; t – період роботи станції в годинах, що забезпечується даною кількістю реагенту; e_p – концентрація реагенту в розчинному баку (15 - 20), %; ρ – густина розчину, $\text{т}/\text{м}^3$.

Витратних баків повинно бути не менше двох. Приймаємо кількість витратних баків 2. Тоді об'єм одного баку:

$$W_a^1 = \frac{W_p}{2} = \frac{4,99}{2} = 2,5 \text{ м}^3$$

Прийmemo висоту баку $h = 1 \text{ м}$, тоді площа перерізу баку:

$$F = \frac{W_a^1}{h} = \frac{2,5}{1} = 2,5 \text{ м}^2$$

Оскільки бак круглий в плані, тоді діаметр:

$$D = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{2,5}{3,14}} = 1,78 \text{ м}$$

2.2. Фільтр Вако

Оскільки один фільтр Вако має продуктивність $3\text{-}6 \text{ м}^3/\text{хв}$, можемо розрахувати необхідну кількість таких фільтрів для очищення всього об'єму води:

$$N = \frac{Q}{Q^1 \cdot 1440} = \frac{20\,000}{5 \cdot 1440} = 2,78 \approx 3$$

2.3. Флотаційна установка

Вибираємо установку напірної флотації KWI MaxiDAF (MXD), яка призначена для високопродуктивного очищення методом напірної флотації стічних вод картонно-паперового виробництва, що має показники по зваженим речовинам до $6000 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Час перебування води в установці – 3-5 хв, що відповідає одному обороту розподільної системи. Об'єм

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

рециркуляційної води: 10-25 % від об'єму води, що очищується.
Навантаження установки на перекриття – не більше 762 кг/м².

Розрахуємо площу дзеркала в флотаційній камері:

$$F = \frac{Qt}{60H} = \frac{1078,02 \cdot 20}{60 \cdot 1,5} = 239,56 \text{ м}^2$$

де H – глибина флотаційної камери (1 – 1,5; 3 м); t – час перебування води в камері (20 – 60 хв); Q – витрата води, м³/год.

Подача води на утворення газоповітряної суміші:

$$q = 0,1 \cdot Q = 0,1 \cdot 1078,02 = 107,8 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Об'єм напірної камери:

$$V = \frac{qt'}{60} = \frac{107,8 \cdot 3}{60} = 5,39 \text{ м}^3$$

де q – подача очищеної води для утворення газоповітряної суміші ($q=0,1Q$); t' – час перебування води в напірній камері (3 – 5 хв).

Подача повітря складає:

$$q_{\text{пов}} = FI = 239,56 \cdot 0,008 = 1,92 \text{ м}^3 / \text{с}$$

де F – площа флотаційної камери, м²; I – інтенсивність барботажу, м³/с · м².

Таблиця 2.1 – Модель напірного флотатора

Модель	Продуктивність, м ³ /год	Глибина шару води, мм	Діаметр, м
KWI MXD - 49	1290	400	14,8

2.4. Дірчатий змішувач

Спочатку розраховується втрата напору на перегородках:

$$h = \frac{V_0^2}{2 \cdot \mu^2 \cdot g} = \frac{1^2}{2 \cdot 0,7^2 \cdot 9,81} = 0,1 \text{ м}$$

де h – втрата напору, м; V_o – швидкість руху води в отворах, 1 м/с; μ – коефіцієнт витрати (0,65 - 0,75); g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с².

Знаючи витрату води в змішувачі, можна визначити площу всіх отворів у кожній перегородці, м²:

$$\omega = \frac{q_1}{V_o \cdot 3600}$$

де q – витрата води, м³/год; q_1 – витрата води в одному змішувачі, м³/год; N – кількість змішувачів.

Згідно з вимогами СНіПу, продуктивність одного змішувача складає 1200-1500 м³/год. Тому число змішувачів:

$$N = \frac{q}{q_1} = \frac{1071,07}{1200} = 0,89 \approx 1$$

$$\omega = \frac{1071,07}{1 \cdot 3600} = 0,3 \text{ м}^2$$

Задавшись діаметром одного отвору, можемо визначити площу одного отвору:

$$\omega_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} = 0,005 \text{ м}^2$$

де ω_o – площа одного отвору, яка має бути не менше 25 мм, приймемо 80 мм.

Число отворів визначають за формулою:

$$n_o = \frac{\omega}{\omega_o} = \frac{0,3}{0,005} = 60$$

Рівень води перед перегородками визначають виходячи з рівня води в четвертій камері та втрат напору на перегородках: h_1, h_2, h_3, h_4 – рівні води відповідно в 1-й, 2-й, 3-й та 4-й камері, м.

$$h_1 = h_2 + h = h_4 + 3h = 0,5 + 3 \cdot 0,1 = 0,8 \text{ м};$$

$$h_2 = h_3 + h = h_4 + 2h = 0,5 + 2 \cdot 0,1 = 0,7 \text{ м};$$

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

$$h_3 = h_4 + h = 0,5 + 0,1 = 0,6 \text{ м};$$

$$h_4 = 0,5 \text{ м.}$$

Загальна висота, м, визначається за формулою:

$$H = h_1 + 0,5 = 0,8 + 0,5 = 1,3 \text{ м}$$

Загальний об'єм води у змішувачі, м^3 , розраховують виходячи з витрати води та часу змішування:

$$W = \frac{1}{60} \cdot q_1 \cdot t = \frac{1}{60} \cdot 1071,07 \cdot 1,5 = 26,78 \text{ м}^3$$

де t – час перебування води у споруді, хв.

Площа поверхні води в змішувачі, м^2 , визначається за формулою:

$$F = \frac{W}{H_c}$$

де H_c – середній рівень води, визначається як середнє значення від рівня води у камерах, м.

$$H_c = \frac{1}{4}(h_4 + h_3 + h_2 + h_1) = \frac{1}{4}(0,5 + 0,6 + 0,7 + 0,8) = 0,65 \text{ м}$$

$$F = \frac{26,78}{0,65} = 41,2 \text{ м}^2$$

Довжина секції змішувача дорівнює її ширині ($B = l$), звідси через площу поверхні, м^2 , визначаються B та l , м:

$$F = 4lB = 4l^2$$

$$l = \sqrt{\frac{F}{4}} = \sqrt{\frac{41,2}{4}} = 3,21 \text{ м}$$

Загальна довжина змішувача $L = 5l = 5 \cdot 3,21 = 16,05 \text{ м}$.

2.5. Розподільна чаша

Розрахуємо об'єм чаші за формулою:

$$W = \frac{Qt}{60} = \frac{1071,07 \cdot 15}{60} = 267,77 \text{ м}^3$$

Прийmemo висоту чаші 4 м і розрахуємо її площу:

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

$$F = \frac{W}{h} = \frac{267,77}{4} = 66,94 \text{ м}^2$$

Розподілчаша має вигляд прямокутника з довжиною $L=10 \text{ м}$ і шириною $B=6,7 \text{ м}$.

2.6. Радіальний відстійник

Діаметр радіального відстійника:

$$D = \sqrt{\frac{4q_{\max}}{3,6nk(U_0 - \omega)\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1071,07}{3,6 \cdot 4 \cdot 0,45(0,6 - 0,03 \cdot 10)3,14}} = 26,49 \text{ м}$$

де $q_{\max}$ – максимальна витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; n – число радіальних відстійників; k – коефіцієнт, який враховує повноту використання об'єму відстійника, $k \sim 0,45$; U_0 – гідравлічна крупність осаду, яка може змінюватись в межах $0,08 - 0,6 \text{ мм/с}$; ω – коефіцієнт, який враховує вплив вертикальної турбулентної складової руху води на процес відстоювання ($\omega = (0,03 - 0,05)V_c$); V_c – швидкість руху води на середині радіусу ($5 - 10 \text{ мм/с}$).

Головною вимогою до розрахунку радіальних відстійників є:

$$m = D/H = 6 - 12$$

$$m = D/H = 26,49/3,5 = 7,57$$

Отже, кількість відстійників обрано правильно.

Об'єм зони накопичення осаду розраховують за формулою:

$$W = \frac{qt(C - m)}{\delta} = \frac{1071,07 \cdot 10(119,32 - 20)}{32000} = 33,24 \text{ м}^3$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; C – концентрація завислих речовин у воді, що поступає у відстійник; m – концентрація завислих речовин у воді на виході з відстійника; δ – концентрація твердої фази в осаді; t – час накопичення осаду, $t \leq 12 \text{ год}$.

Об'єм зони накопичення осаду одного відстійника:

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{33,24}{4} = 8,31 \text{ м}^3$$

2.7. Механічний фільтр

Площа фільтрування:

$$F = \frac{Q}{TV_n - 3,6\omega t_1 n - t_2 V_n n} = \frac{19\,818,88}{24 \cdot 8 - 3,6 \cdot 16 \cdot 0,1 \cdot 2 - 2 \cdot 0,33 \cdot 8} = 113,12 \text{ м}^2$$

Число фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{113,12}}{2} = 5,3 \approx 6$$

Площа одного фільтра:

$$F_1 = \frac{F}{N} = \frac{113,12}{6} = 18,9 \text{ м}^2$$

Швидкість фільтрування у форсованому режимі:

$$V_\phi = \frac{N}{N - N_1} V_H = \frac{6}{6 - 1} \cdot 8 = 9,6 \text{ м/год}$$

Загальна висота фільтру:

$$H = H_{п.з} + H_{ф.з} + H_v + H_d + h_6 = 0,7 + 1,5 + 2 + 0,4 = 4,6 \text{ м}$$

де H_d – додатковий рівень води, що створюється при відключенні одного з фільтрів на промивку при $N < 6$, м; $H_{п.з}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{п.з} = 0,7$ м; $H_{ф.з}$ – фільтруюче завантаження, $H_{ф.з} = 1,5$ м; h_6 – будівельний запас висоти, $h_6 = 0,3 - 0,5$ м; H_v – висота шару води, $H_v \sim 2$ м.

Дренажну систему розраховують за режимом промивки. Спочатку визначають витрату води у колекторі при промивці, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$q_k = F_1 \omega \cdot 10^{-3} = 18,9 \cdot 16 \cdot 10^{-3} = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

де F_1 – площа фільтру; ω – інтенсивність промивки, $\omega = 16 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$.

Далі розраховують площу перерізу колектора:

$$f_k = \frac{q_k}{V_k} = \frac{0,3}{1} = 0,3 \text{ м}^2$$

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

де V_k – швидкість руху води в колекторі при промивці, $V_k = 0,8 - 1,2$ м/с.

Діаметр колектора розраховують за формулою:

$$d_k = 2\sqrt{\frac{f_k}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{0,3}{3,14}} = 0,62 \text{ м}$$

Витрата води у відгалуженнях:

$$q_v = \frac{q_k}{n}$$

Число відгалужень при односторонньому розміщенні буде:

$$n = \frac{B \cdot 10^3}{l} = \frac{3,2 \cdot 10^3}{300} = 10,67 \approx 11$$

де l – відстань між відгалуженнями – 250 – 350 мм; B – загальна ширина фільтру, м.

$$q_v = \frac{q_k}{n} = \frac{0,3}{11} = 0,03 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Площа перерізу відгалуження:

$$f_v = \frac{q_v}{V_v} = \frac{0,03}{1,8} = 0,017 \text{ м}^2$$

Швидкість руху води у відгалуженні: $V_v = 1,6 - 2$ м/с;

Діаметр відгалуження, м:

$$d_v = 2\sqrt{\frac{f_v}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{0,017}{3,14}} = 0,15 \text{ м}$$

Витрата води в одному жолобі:

$$q_{ж} = \frac{q_k}{n_{ж}} = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ м}^3 / \text{с}$$

де $n_{ж}$ – кількість жолобів (прийmemo 2 жолоби).

2.8. Резервуар освітленої води після радіальних відстійників

Резервуар має круглу форму. Розрахуємо об'єм за формулою:

$$W = \frac{Qt}{60} = \frac{1069,4 \cdot 15}{60} = 267,35 \text{ м}^3$$

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

Прийmemo діаметр резервуару 7 м і розрахуємо його площу:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} = 38,47 \text{ м}^2$$

Висота резервуару:

$$H = \frac{W}{F} = \frac{267,35}{38,47} = 6,95 \text{ м}$$

2.9. Резервуар очищеної води

Резервуар має круглу форму. Розрахуємо об'єм за формулою:

$$W = \frac{Qt}{60} = \frac{1069,4 \cdot 15}{60} = 267,35 \text{ м}^3$$

Прийmemo діаметр резервуару 8 м і розрахуємо його площу:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 50,24 \text{ м}^2$$

Висота резервуару:

$$H = \frac{W}{F} = \frac{267,35}{50,24} = 5,32 \text{ м}$$

2.10. Резервуар для збирання осаду

Резервуар має круглу форму. Розрахуємо об'єм за формулою:

$$W = q_{\text{ос}} \cdot t = \frac{70,94}{24} \cdot 0,3 = 0,89 \text{ м}^3$$

Прийmemo діаметр резервуару 1 м і розрахуємо його площу:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 0,79 \text{ м}^2$$

Висота резервуару:

$$H = \frac{W}{F} = \frac{0,89}{0,79} = 1,13 \text{ м}$$

2.11. Шламосховище

Розрахуємо об'єм за формулою:

$$W = q_{\text{ос}} \cdot t = 5,74 \cdot 12 = 68,8 \text{ м}^3$$

Прийmemo глибину резервуару 1 м, довжину 2 м і ширину 1,5 м. Нехай кількість шламонакопичувачів $n=2$ (один робочий і один резервний).

2.12. Витратні баки флокулянту перед фільтр-пресом

Об'єм розчинного баку флокулянту:

$$W_p = \frac{q \cdot D_p \cdot t}{10000 \cdot v_p \cdot \rho} = \frac{6,52 \cdot 1000 \cdot 12}{10000 \cdot 0,5 \cdot 1,03} = 15,2 \text{ м}^3$$

де W_p – об'єм розчинного баку; q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; D_p – доза реагенту, $\text{г}/\text{м}^3$; t – період роботи станції в годинах, що забезпечується даною кількістю реагенту; v_p – концентрація реагенту в розчинному баку (15 - 20), %; ρ – густина розчину, $\text{т}/\text{м}^3$.

Витратних баків повинно бути не менше двох. Приймаємо кількість витратних баків 2, круглі в плані, висотою 3 м. Тоді об'єм одного баку:

$$W_s^1 = \frac{W_p}{2} = \frac{15,2}{2} = 7,6 \text{ м}^3$$

Площа перерізу баку:

$$F = \frac{W_s^1}{h} = \frac{7,6}{3} = 2,53 \text{ м}^2$$

Оскільки бак круглий в плані, тоді діаметр:

$$D = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{2,53}{3,14}} = 1,8 \text{ м}$$

2.13. Фільтр-прес

Компактна установка Rotamat RoS 3/2 використовується для повної механічної очистки стічних вод, як комунальних, так і промислових стоків. Установка використовується також для промислового очищення осаду. Осад зневоднюється за допомогою інтегрованого преса для відходів. Введення в експлуатацію обладнання зі зневоднення скопу дає можливість знизити навантаження на відстійники, покращити якість освітленої води, знизити навантаження по зваженим речовинам на КОС.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

Досягається зниження вологості до 60 %. Зневоднений осад збирається в контейнер.

Завданням віджимного шнекового пресу є видалення твердих часток. Ці частинки, що утримуються флокулянтном, відділяються від рідини та попадають у фільтруючу частину установки. Фільтруюча частина Rotamat представляє собою циліндр з отворами, розмір яких 0,25-0,4 мм. Діаметр циліндра 500 мм, довжина 3,4 м.

Знайдемо необхідний об'єм фільтр-пресу для зневоднення шламу, що утворюється у приймку напірного флотатора та при відстоюванні води у радіальному відстійнику:

$$W = W_{\text{пл}} \cdot t / T = 106,41 \cdot 12 / 24 = 53,2 \text{ м}^3$$

Тип фільтр-пресу: Rotamat RoS 3/2. Габаритні розміри установки: довжина 15,1 м, ширина 2,72 м, висота 4,1 м. Тоді площа фільтр-пресу:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{53,2}{4,1} = 13 \text{ м}^2$$

Виходячи з типових розмірів фільтр-пресу Rotamat RoS 3/2, приймаємо кількість установок $n=2$.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

3. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. План розміщення споруд

Очисні споруди слід проектувати згідно з санітарними та протипожежними нормами та розміщувати в міру можливості найближче до місць утворення стоків. Територія майданчика очисних споруд повинна розташовуватися з підвітряної сторони для пануючих вітрів теплого періоду року стосовно житлової забудови і нижче населеного пункту за течією водотоку. На раціональне вирішення генерального плану великий вплив має рельєф місцевості.

Розміщуючи очисні споруди на майданчику, необхідно дотримуватися встановлених розривів між окремими спорудами, м:

- між групами однотипних споруд – 2...3;
- між групами різнотипних споруд – 5...10;
- між спорудами механічного очищення та аеротенками – 10...20;
- між спорудами та муловими майданчиками – 25...30;
- між окремими спорудами (в залежності від їх об'єму) – 20...50.

На станції очистки всі основні та допоміжні споруди розміщуємо у вигляді єдиного комплексу.

Компонування споруд на майданчику повинно забезпечувати: раціональне використання території з урахуванням перспективного розширення споруд; блокування споруд і будинків різного призначення і мінімальну довжину комунікацій; самопливне проходження основного потоку стічних вод через споруди з урахуванням усіх втрат напору із використанням схилу місцевості.

У складі очисних споруд, крім основних споруд, потрібно передбачити пристрої для рівномірного розподілу стічних вод і осаду між окремими елементами споруд.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

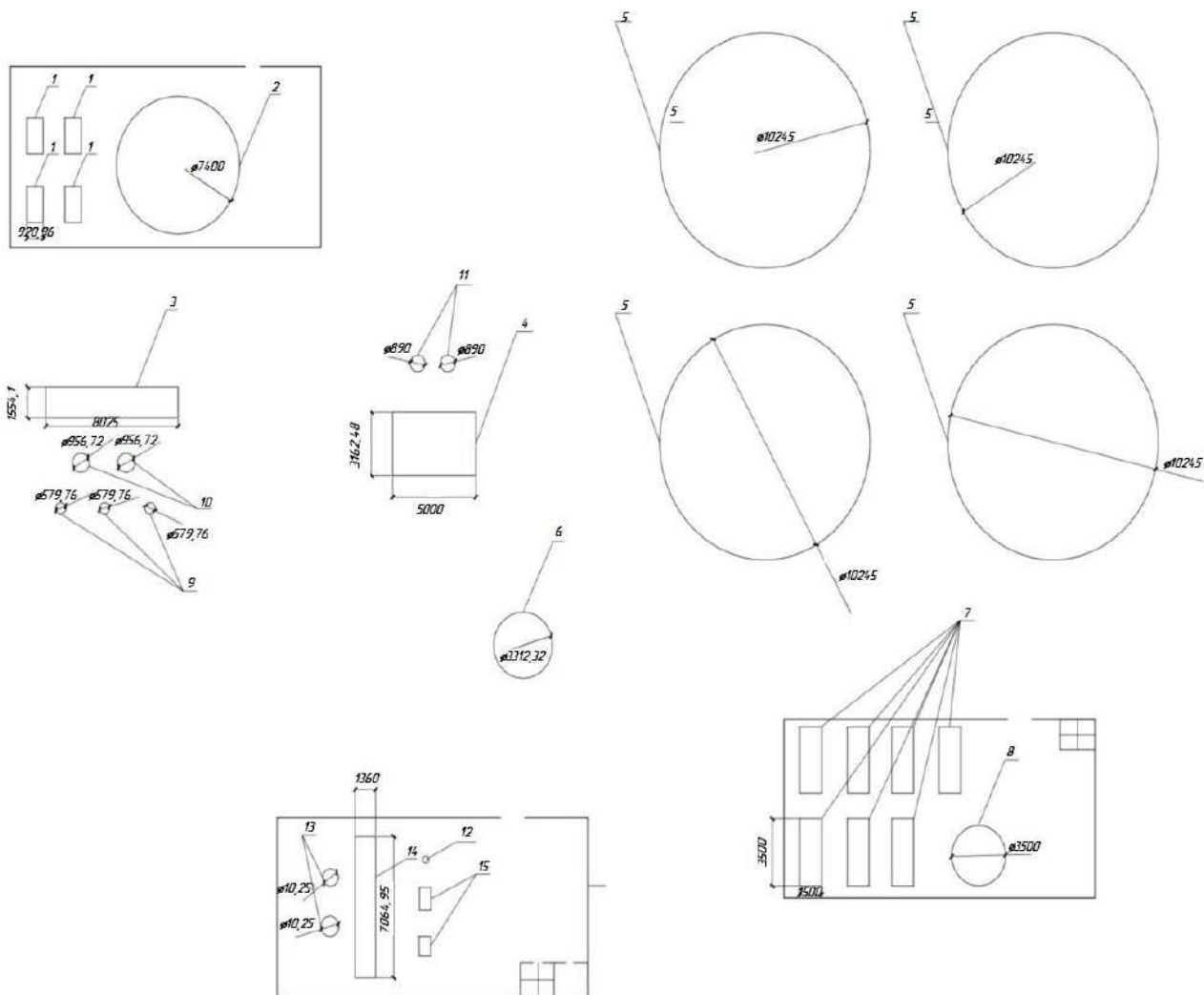


Рис. 3.1 – План розміщення споруд

Категорія пожежної небезпеки процесів перекачування й очищення виробничих стічних вод, що містять легкозаймисті і вибухонебезпечні речовини, встановлюється в залежності від характеру цих речовин.

Вибір майданчиків для будівництва водопровідних споруджень, а також планування і забудова їхніх територій повинні виконуватися відповідно до технологічних вимог, згідно СНіП II-89-80.

Планувальні оцінки майданчиків водопровідних споруджень, розташованих на прибережних ділянках водотоків водойм, повинні прийматися не менш ніж на 0,5 м вище розрахункового максимального рівня води.

Територія очисних споруд, каналізацій населених пунктів, а також очисних споруд каналізації промислових підприємств, розташованих за межами промислових майданчиків, у всіх випадках повинна бути огорожена.

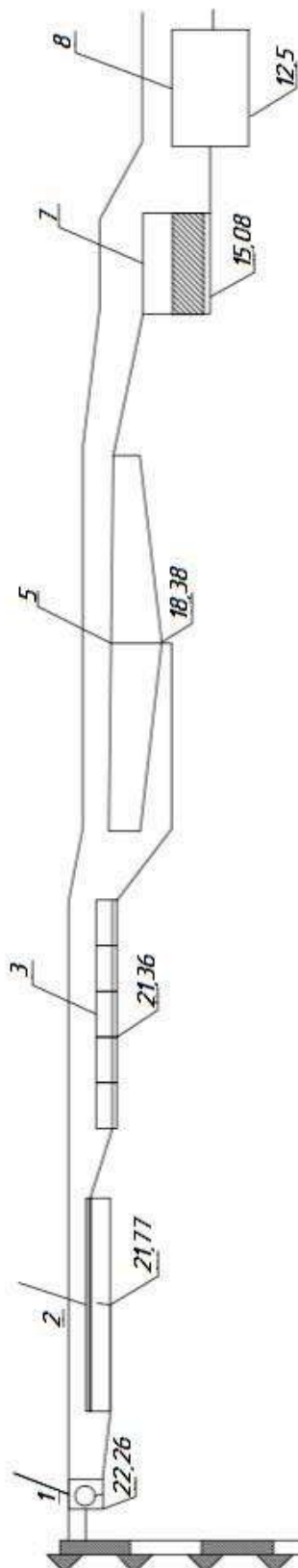
До будівель і споруд водопроводу прокладена дорога для можливого під'їзду автотранспорту і вільного пересування територією з полегшеним удосконаленням покриттям.

3.2. Профіль руху води

Водоочисні споруди можуть бути розміщені поблизу об'єкту споживання води. Територія майданчика озеленюється, а ґрунт закріплюється травою.

На водоочисних комплексах вода від однієї до іншої споруди рухається самотоком, тому важливо знати взаємне розміщення окремих елементів технологічної схеми. Для цього складають висотну схему – поздовжній профіль по воді у вільному масштабі, на якому показують всі основні та допоміжні споруди та апарати, проставляють відмітки рівня води в кожній споруді і відмітки дна споруд. При складанні висотної схеми необхідно забезпечити умови руху води самотоком від змішувача до резервуара чистої води при одночасному задоволенні вимог зручності

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат



Відмітка труби, м	23,07	22,08	21,58	23,08	21,68	21,58	17,73	21,88	19,78	15,18	15,18	15,18
Відмітка землі, м	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	23,95	23,95	23	23	20	20
Відстань, м	2	5	14,8	5	5	16,25	5	26,49	10	7	5	8
Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Рис. 3.2 – Профіль руху води

експлуатації. Для цього необхідно знати максимально можливі тврти напору на очисних спорудах технологічної схеми та в комунікаціях між спорудами і у вимірювальній апаратурі.

Згідно зі СНіПом, перепади рівнів води в водоочисних спорудах та з'єднувальних комунікаціях потрібно розраховувати, але для попередньої побудови висотної схеми можливе використання таких втрат напору, м:

- у змішувачі – 0,5..0,7;
- у флотаторі - 0,5..0,7;
- у радіальному відстійнику - 0,4..0,6;
- у швидких фільтрах – 3,0..3,5;
- у контактних резервуарах – 0,1...0,3.

Під час проектування висотної схеми максимальну відмітку рівня води в резервуарі чистої води призначають на 0,25-0,5 м вище від поверхні землі та беруть як вихідну мінімальну. Послідовним додаванням втрат напору далі знаходять відмітки рівнів води в решті споруд.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Із технологічної частини проекту очистки промислових і побутових вод слідує що на реконструйованих очисних спорудах енергією споживають насоси, які працюють під високим шумом, елеваторні механізми.

У цьому розділі на підставі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих чинників розроблені заходи зі створення здорових і безпечних умов праці для персоналу, який обслуговує технологічний потік. Його робоче місце знаходиться в операторській, площею 15 м².

Згідно Закону України «Про охорону праці», який виділяє основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя та здоров'я в процесі трудової діяльності і являється системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, направлених на збереження здоров'я і працездатності людей в процесі роботи, всі технічні вирішення в практиці прийняті з урахуванням вимог охорони праці пожежної і екологічної безпеки підприємства.

Шкідливі і небезпечні виробничі чинники в обслуговуванні технологічного потоку :

- виробничий шум і вібрація;
- небезпека від деталей машин і механізмів, що рухаються і обертаються;
- повітря робочої зони;
- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежна безпека.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

4.1. Виробничий шум і вібрація

Джерела шуму в цеху - частини машин, що обертаються, насоси, вентилятори, двигуни, вакуум-насоси і повітродувки $L=95 - 98$ дБА.

Контроль над рівнем шуму ведеться 1 раз на рік за допомогою шумоміра ВШВ - 003. Рівень шуму в цеху складає $L = 90 - 95$ дБА. Для зниження рівня шуму передбачено:

- укладення джерел шуму в звукоізолюючий кожух (матеріал - сталевий лист, покриття з мінераловатних плит), який знижує рівень шуму на 5-10 дБА, згідно ДСН 3.3.6.037-99;
- встановлення звукоізолюючої кабіни для машиністів; звукоізоляція забезпечується за рахунок стін з цегляної кладки і двох пакетних вікон, що знижує рівень шуму на 30 дБА. Фактичний рівень шуму складає 60 дБА.
- застосування засобів індивідуального захисту по ГОСТ 12.4005-88. В якості індивідуального захисту застосовують протишумові вкладиші, навушники, які знижують рівень шуму на 16 ± 3 дБА. Захист від вібрації забезпечується:

- застосуванням засобів віброзахисту, яка зменшує дію на робітників вібрації;

- організаційно - технічними заходами, підтримкою високого рівня механічного стану устаткування, згідно ДСН 3.3.6.039-99.

4.1.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на реконструйованому об'єкті

У проєктованому виробництві використовується ряд механізмів, що обертаються, і деталей, які представляють особливу небезпеку для людини. Джерелами травм можуть бути відкриті частини сортувань, формувальні циліндри, вали каландрів.

У цеху згідно ГОСТ 12.2.020 - 76 для захисту робочих деталей, що обертаються, і частин машин застосовуються сітчасті стаціонарні

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

обгороджування. Виробничі майданчики захищаються бар'єрами заввишки 1 м.

4.1.2. Повітря робочої зони

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 на очисних спорудах будуть виконуватись легкі роботи, які відносяться до категорії 1б. Енергозатрати 172 кДж (150 ккал/год), оскільки до цієї категорії відносяться роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і супроводжуються деякими фізичними навантаженнями, у тому числі майстрів-операторів очисних споруд.

Заходи зі створення здорових і безпечних умов праці:

- для досягнення нормальних умов праці в операторській встановлений кондиціонер;
- організовано хороше функціонування систем опалювання, загальнообмінної вентиляції і кондиціонування повітря;
- багато процесів автоматизовано і використовується дистанційне керування ними, що виключає безпосередній контакт працівників зі шкідливими речовинами;
- проводиться періодичний медичний огляд працівників, які працюють в шкідливих умовах, надаються продукти харчування для нейтралізації шкідливості;
- контролюється вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони згідно ГОСТ 12.1.016-79 «Повітря робочої зони. Вимоги до методик виміру концентрації шкідливих речовин».

В таблиці 4.1.2.1 представлені прийняті проектом фактичні гігієнічні норми метеорологічних умов в приміщеннях проєктованих очисних споруд.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

Таблиця 4.1- Фактичні норми температури , відносної вологості та швидкості руху повітря робочої зони.

Категорія робіт	Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
		фактична	фактична	фактична
Легка 16 Б	Холодний	18-22	40-60	0,1-0,3

Коротка санітарна характеристика проєктованих очисних споруд:

- 1) Назва виробничої ділянки - насосна станція;
- 2) Клас виробництва (СН 245-71) – П;
- 3) Санітарна група процесу - ПВ.

4.1.3. Нормалізація повітря робочої зони

Мікроклімат в насосних станціях очисних споруд підтримується за допомогою проточної і витяжної систем загальнообмінної механічної вентиляції і центральної системи опалення (з температурою водного теплоносія 70 - 75 С°).

Для робочих передбачений спецодяг.

Контроль повітря робочої зони проводиться наступним чином: температура і відносна вологість контролюється в приміщеннях за допомогою термометра і психрометра.

4.1.4. Електробезпека

За мірою небезпеки ураження електричним струмом виробництво відноситься до класу особливо небезпечних приміщень (ПУЕ - 87). Живлення електроустаткування передбачається від трьохфазної чотирьохпрохідної електричної мережі змінного струму промислової частоти $f = 50$ Гц з ізольованою нейтральною мережею з напругою $U = 220 - 380$ В.

Головними причинами травматизму є:

-випадковий дотик до електричних частин електроустаткування, що знаходяться під напругою;

- ушкодження ізоляції електричних частин;
- замикання фази мережі на землю;
- падіння дроту на конструктивні частини устаткування.

Відповідно до ГОСТ 12.1.019 - 79 для безпеки обслуговування електроустановок передбачено:

- застосування обгороджувальних для захисту і ізоляції електричних частин електроустаткування. Відкриті частини електроустаткування захищені сіткою;

- захист електричних частин від механічних ушкоджень прокладенням дротів в трубах;

- захисне відключення електроустановок;

- захисні засоби: діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючим руків'ям, діелектричні калоші, ізолюючі підставки і інші.

У аварійному режимі використовується захисне заземлення $R = 3,4$ Ом.

4.1.5. Вилучення небезпеки рухомих деталей машин , механізмів, виробів, матеріалів

Вилучення небезпеки рухомих деталей електродвигунів та насосів передбачено шляхом установки огорожі із жорсткого каркасу, обтягнутого металевою сіткою. Крім цього, місце установки агрегатів огорожено бар'єром.

4.1.6. Небезпека технологічних процесів та обслуговування приладів

Основна небезпека при експлуатації насосів і нагнітального трубопроводу його забивка чи випадкове перекриття під час запуску чи при роботі. При розриві трубопроводу потрібно негайно перекрити потрапляння стічних вод та повітря.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

4.1.7. Безпека технологічних процесів та апаратів

Для забезпечення безпечної роботи насосів, передбачають розриви нагнітального трубопроводу при його забивці чи випадковому перекритті під час пуску чи роботи, на нагнітальній лінії встановлюється запобіжний клапан, який скидає перекачувану рідину на прийом насосу. При виконанні ремонтних робіт, обслуговуючі апарати необхідно знеструмити електроприводи, заблокувати пускові установки; вивести попереджувальні сигнальні таблиці. Робочі місця необхідно забезпечити інструкціями по техніці безпеки в насосних станціях, правилами запуску і установки апаратів.

4.2. Виробниче освітлення

Відповідно СНІП 1 1-4-79 лабораторія по умовах зорової роботи відноситься до 8 розряду.

В приміщенні передбачено природне, штучне і комбіноване освітлення. Природне освітлення являється боковим. Штучне освітлення - загальне, рівномірне, люмінесцентне. В лабораторії передбачено робітниче, чергове і аварійне освітлення. В таблиці 6.2 приведені норми освітленості лабораторії і її фактичні значення.

Таблиця 4.2 - Параметри освітлення

Характеристика зорових робіт	Освітленість при штучному освітленні		Критерій природного освітлення (КПО), %	
	комбінована	фактична	При природному освітленні	При суміщеному освітленні
IV а Середньої точності, розмір об'єкту 0,5-1 мм	750	300	1,5	0,9

Фактичне значення штучного освітлення рівне 320 лк.

4.3. Пожежна безпека

Пожежі можуть виникати в результаті накопичення статичної електрики несправного виробничого устаткування і порушення технологічного процесу, поганої ізоляції дротів та ін.

Машинний зал є небезпечним в пожежному відношенні приміщенням. Найбільшою небезпекою є скупчення браку і пилу, висока температура.

Волокнистий пил легко займається від іскор, що виникають через несправність електроустаткування.

Таблиця 4.3 – Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Речовини та матеріали, хімічна формула	Агрегатний стан в нормальних умовах	Горючість, вибухонебезпечність	Показники пожежо- та вибухонебезпечності, °С			Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ЗНТП 24-86	Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок згідно ПБЕ
			Температура кипіння	Температура займання	Температура самозаймання			
Деревина	Тв.	Горючий	222	310	410	Вода ПАР, піна з	В	22
Папір	Тв.	Горючий	146	230	360	Воді ПАР, піна з		
Гума	Тв.	Горючий	220	249	350	ВВ-8		

При виникненні пожежі слід виконати наступні дії:

- знеструмити електроустаткування;
- вимкнути припливно-витяжну вентиляцію;
- перекрити пару;
- встановити машину на мінімальну швидкість;
- вимкнути насоси централізованої системи мастила;
- викликати пожежну охорону і почати гасити пожежу підручними засобами;
- оповістити керівництво.

Місця приймання, транспортування і складування сировини і хімікатів відповідають вимогам ГОСТ 12.1.004 і «Правилам пожежної безпеки при експлуатації підприємств целюлозно-паперової промисловості» і обладнані засобами пожежогасіння згідно ГОСТ 12.4.009 – 88.

Готова продукція складається і зберігається в закритих складах. На складах готової продукції передбачені проїзди шириною, що перевищує габарити транспортних засобів по ширині на 0,8 м в кожную сторону.

Усі можливі фактори небезпеки і міри їх усунення представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Фактори небезпеки і міри їх усунення

Небезпечний фактор	Шляхи вилучення
Виробнича вібрація	Установлення звукоізолюючих кожухів, звукоізоляція кабіни для машиністів; використання засобів індивідуального захисту
Небезпечка від рухомих деталей машин	Огородження робочих майданчиків бар'єрами заввишки 1 м
Повітря робочої зони	Установлення кондиціонерів, контроль системи вентиляції; дистанційне керування процесами
Небезпечка ураження електричним струмом	Облаштування огороження для захисту і ізоляції; захисне відключення електроустаткування; видача захисних засобів: діелектричних калаш, гумових рукавиць тощо
Пожежна небезпека	Обладнання вогнегасником та іншими засобами пожежогасіння

ВИСНОВКИ

У результаті виконання проекту було розроблено і покращено технологічну схему очищення стічних вод на локальних очисних спорудах картонно-паперового виробництва продуктивністю $20\,000\text{ м}^3/\text{добу}$.

У схемі було використано фізико-хімічні і механічні методи і процеси очищення води, а також враховано необхідність зневоднення утворюваного шламу. Завдяки таким методам вдається досягти зниження концентрації завислих речовин у воді з $2386,5\text{ мг/дм}^3$ до 5 мг/дм^3 .

Запропонована схема очистки є економічно доцільною, оскільки дозволяє зменшити витрати свіжої води та волокна для виробництва, а також знижує навантаження на існуючі очисні споруди. Особливістю є можливість використання очищеної води замість свіжої у повторному циклі.

Було проведено розрахунок матеріального балансу, необхідних гідравлічних і технічних споруд, розглянуто основні процеси, що застосовані в цій технології, розроблено і побудовано технологічну схему, профіль руху води і план розміщення на місцевості з додержанням необхідних санітарних і будівельних норм.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. "Методичні вказівки до дипломного проектування систем очистки природних та стічних вод" Укладачі - Гомеля М. Д., Шутько О. П., Радовенчик В. М.
2. Гомеля М.Д., Крисенко Т.В., Дейкун І.М. Очисні споруди. Основи проектування – К.: НТУУ «КПІ», 2007.
3. СНіП 2.04.03 - 85. " Каналізація. Наружні мережі та споруди ".
4. А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М. Астрелін, М.Т. Брик, П.І. Гвоздяк, Т.В. Князькові «Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод».
5. В.А. Проскуряков, Л.І. Шмідт «Очистка стічних вод у хімічній промисловості».
6. Трепененков Р.И. Альбом чертежей конструкций и деталей промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1970.
7. Ткачов В.О., Тихонюк-Сидорчук В.О. Методичні вказівки до виконання індивідуальних розрахунково-графічних завдань, практичних завдань і самостійних робіт з курсу “Теоретичні основи водопідготовки та водокористування” – Х.: ХНАМГ, 2007. – 50 с.
- 8 . Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М. : Стройиздат, 1974.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

ДП 9104. 00.003 ПЗ

Арк

67

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
А 1				Технологічна схема	1	
				<u>Деталі</u>		
		1		Фільтр Вако	3	
		2		Напірний флотатор	1	
		3		Змішувач	1	
		4		Розподільна чаша	1	
		5		Радіальний відстійник	4	
		6		Резервуар освітленої води	1	
		7		Механічний фільтр	6	
		8		Резервуар очищеної води	1	
		9		Витратний бак коагулянту	2	
		10		Розчинний бак коагулянту	3	
		11,13		Витратний бак флокулянту	4	
		12		Резервуар для збору осаду	1	
		14		Фільтр прес	1	
		15		Шламосховище	2	
		16 17 18		Насоси	3	

						ДП 9104. 00.003 ПЗ					
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата						
Розробив		Шелест З.А.				Локальні очисні споруди картонно - паперового комбінату			Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Радюбенчик В.М.								68	
Н. Контр.						Специфікація до технологічної схеми					

[illegible]

						ДП 9104. 00.003 ПЗ				
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата					
						Локальні очисні споруди картонно-паперового комбінату		Стадія	Аркцш	Аркушів
									69	
Розробив				Шелест З.А.		Специфікація до технологічної схеми				
Перевірив				Радьбенчик В.М.						
Н. Контр.										

ДП 9104. 00.003 ПЗ

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив			Шелест З.А.		
Перевірив			Радбенчик В.М.		
Н. Контр.					

Локальні очисні споруди
картонно-паперового комбінату

Специфікація до технологічної схеми

Стадія	Аркцш	Аркцшів
--------	-------	---------

69

