

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 100 стор.; 26 табл.; 12 рис.; 19 бібл..

В дипломному проекті розглянуто технологію попереднього очищення води. Обґрунтовано вибір технологічної схеми з встановленням установки ультрафільтрації після стадії реагентного очищення.

Обґрунтовано норми технологічних режимів, наведена технологічна схема та її опис. Розраховано та обрано основне та допоміжне обладнання у відповідності з заданою потужністю виробництва.

Запропоновано схему автоматичного регулювання та контролю виробництва. Надано економіко-організаційний розрахунок з обґрунтуванням доцільності використання даного методу очищення води. Розглянуто питання охорони праці, безпечного середовища роботи та екологічності даного виробництва.

ОЧИЩЕННЯ ВОДИ, УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЯ, КОАГУЛЯЦІЯ, ХІМІЧНО ПОСИЛЕНА ПРОМИВКА, ТРАНСМЕМБРАННИЙ ПЕРЕПАД ТИСКУ, ГІПОХЛОРИТ НАТРІЮ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 100 стр.; 26 табл.; 12 рис.; 19 библ..

В дипломном проекте рассмотрено технологию предварительной очистки воды. Обоснован выбор технологической схемы с установлением установки ультрафильтрации после стадии реагентной очистки.

Обосновано нормы технологических режимов, приведена технологическая схема и ее описание. Рассчитано и выбрано основное и вспомогательное оборудование в соответствии с заданной мощностью производства.

Предложено схему автоматического регулирования и контроля производства. Предоставлено экономико-организационный расчет с обоснованием целесообразности использования данного метода очистки воды. Рассмотрены вопросы охраны труда, безопасной обстановки для работы и экологичности данного производства.

ОЧИСТКА ВОДЫ, УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ, КОАГУЛЯЦИЯ,
ХИМИЧЕСКИ УСИЛЕННАЯ ПРОМЫВКА, ТРАНСМЕМБРАННЫЙ
ПЕРЕПАД ДАВЛЕНИЯ, ГИПОХЛОРИТ НАТРИЯ

ABSTRACT

Explanatory note 100 p. ; 26 tabl.; 12 pic.; 19 libr..

In the diploma project was considered the technology of preliminary water treatment. The selection of the technological scheme has been grounded with the establishment of an ultrafiltration unit after the reagent purification stage.

The norms of technological regimes are justified, the technological scheme and its description are given. The main and auxiliary equipment have been calculated and selected in accordance with the production capacity.

The scheme of automatic regulation and production control is applied. The economic-organizational calculation representing the justification of the expediency of using this method of water treatment. The issues of occupational Safety and Health, safe work environment and environmental friendliness of production are suggested.

WATER TREATMENT, ULTRAFILTRATION, COAGULATION,
CHEMICALLY ENHANCED WASHING, TRANSMEMBRAN PRESSURE
DIFFERENCE, SODIUM HYPOCHLORITE

ЗМІСТ

	стор.
Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	10
Вступ	11
1 Обґрунтування та вибір способу виробництва	12
1.1 Очищення води коагуляцією	13
1.2 Очищення води методом ультрафільтрації	15
2 Характеристика виробленої продукції, вихідної сировини та напівпродуктів, матеріалів, енергетичних ресурсів	17
3 Характеристика прийнятого методу виробництва, хімізм, теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.....	20
3.1 Теоретичні основи методу ультрафільтрації	20
3.2 Теоретичні основи методу коагуляції.....	24
4 Технологічна схема та аналітичний контроль виробництва	29
4.1 Установка ультрафільтрації.....	31
4.2 Аналітичний контроль виробництва.....	38
5 Розрахунок і вибір основного технологічного обладнання.....	40
5.1 Розрахунок та вибір основних реакторів.....	40
5.3 Механічні самопромивні фільтри	47
5.3 Розрахунок освітлювача.....	48
5.4 Розрахунок допоміжного обладнання освітлювача.....	51
6 Автоматичний контроль та керування виробництвом.....	53
6.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації	53
7 Економіко-організаційні розрахунки.....	57
7.1 Організаційна структура відділення попереднього очищення води .	60
7.2 Порядок технічного контролю на виробництві	63

					ДП ХН 3107 1440 000 ПЗ			
		№ докум.	Підпис					
Розроб.	Герченюва Ю.М.				Очищення води методом ультрафільтрації	Літ.	Аркуші	Акруш
Перевір.	Прокоф'єва Г.М.							8
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХН-31		
Н. Контр.	Супрунчук В.І.							
Затверд.	Толстопалова Н.М.							

7.3 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка	
виробництва.....	64
7.4 Розрахунок техніко-економічних показників	66
7.5 Індивідуальне завдання	67
7.5.1 Організаційна структура відділення попереднього очищення води	
.....	69
7.5.2 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка	
виробництва.....	71
7.5.3 Розрахунок техніко-економічних показників	74
8 Охорона праці	75
8.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів	
на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці	75
8.1.1 Повітря робочої зони	75
8.1.2 Розрахунок аерації цеху	78
8.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій.....	80
8.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання ...	83
8.2 Пожежна безпека	83
9 Екологічна безпека виробництва	86
9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів	86
9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва	87
9.3 Екологічний моніторинг	88
9.4 Розрахунок екологічних платежів	89
Висновки.....	91
Перелік посилань	95

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

УУФ – установка ультрафільтрації;

ГР – гумінові речовини;

ГПХ – гіпохлорит натрію;

ГДК – гранично-допустимі концентрації;

ГОСТ – державний стандарт;

ТУ – технічні умови;

ТМР – трансмембранний тиск;

СЕВ – хімічна промивка;

СІР – хімічно посилена промивка;

ХВО – хімічне водоочищення.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

ВСТУП

Вода — прозора рідина без запаху, смаку і кольору. Вода має численні технічні застосування. Енергія падіння води широко використовується на гідроелектростанціях для одержання дешевої електричної енергії. Воду використовують у будівельній, текстильній, шкіряній, металургійній і багатьох інших галузях промисловості. Особливо широко застосовують воду у хімічній промисловості для процесів розчинення, фільтрування, промивання і як сировину для одержання різних хімічних продуктів. Також вона використовується в різних галузях промисловості як теплоносії. Природна вода не може бути теплоносієм без очищення, оскільки сучасні ТЕЦ в енергетичному циклі використовують воду високої якості з вмістом домішок у межах 0,1-1,0 мг/кг.

Устаткування сучасних ТЕЦ експлуатується за високих теплових навантажень, що вимагає жорсткого обмеження товщини відкладень на поверхнях теплоелементів. Такі відкладення утворюються з домішок, що надходять у цикли електростанцій, тому забезпечення високої якості водяних теплоносіїв є надзвичайно важливим завданням.

Природна вода в своєму складі має нескінченну кількість домішок, тому необхідно використовувати різноманітні технологічні прийоми та методи покращення якості води.

Для покращення якості води до поставлених вимог виникає необхідність спеціальної фізико-хімічної обробки природної води.

Метою дипломного проекту є реконструкція відділення попереднього очищення води з встановленням установки ультрафільтрації для подальшого впровадження на ТЕЦ, що дозволить отримувати воду з покращеними показниками.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

В технології очищення природних вод використовуються різноманітні технологічні прийоми та методи покращення якості води. Технологічні схеми передбачають компоновку очисних будівель, охоплюючи процеси видалення речовин, що відносяться зазвичай до декількох груп класифікації Кульського.

Домішки першої групи утворюють з водою суспензії, емульсії, піни. Вони ефективно видаляються з води під дією гравітаційних сил, сил прилипання (адгезія) та спряженого осадження. За сферою застосування цих методів найбільш технологічно вигідним є метод відстоювання.

Домішки II групи утворюють з водою кінетично та агрегативно стійкі системи. Вони видаляються частіше за все такими методами: коагуляція, сорбція, флотація. Для усунення колоїдних частинок, зменшення ХСК та БСК, часткового зменшення колі-індексу найбільш дешевим методом є контактна коагуляція, в якій використовують гідроксиди алюмінію та заліза, які є відходами металургійного виробництва.

Для видалення III групи домішок використовують аерацію, сорбцію, екстракцію, біохімічну очистку.

Домішки IV групи характеризують загальний солевміст. Видаляються домішки шляхом утворення малорозчинних або малодисоційованих сполук, а також іонним обміном, електролізом, зворотнім осмосом або шляхом зміни агрегатного стану самої води [1].

Основним джерелом питної і технологічної води для України є р. Дніпро. Однією з особливостей її вод є високий вміст гумінових речовин (ГР). Технології очищення води, що включають окиснення, вапнування з наступними відстоюванням, проясненням, фільтрацією та іонним обміном, не забезпечують належний ступінь очищення води від ГР.

Гумінові речовини є безпечними для здоров'я людини, проте похідні, що утворюються при окисній обробці води недостатньо очищеної від ГР,

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

здійснюють негативний вплив на дихальні шляхи та шкірні покриви людини. Разом з тим, безпосередньо ГР можуть завдавати значної шкоди у різноманітних технологічних процесах, викликаючи закупорювання чи деактивацію поверхні йонобмінних смол, ініціювати біофоулінг поверхні ультрафільтраційних та зворотньоосмотичних мембран.

У традиційній схемі попереднього очищення води використовується процес коагуляції з подальшим механічним фільтруванням. В даному дипломному проекті її реконструювано з використанням на заміну механічним фільтрам ультрафільтраційних мембран. Перевагою даного впровадження є те, що вони можуть видаляти дрібнодисперсні часточки та органічні речовини, які погіршують роботу обладнання.

Було обрано схему, в якій поєднано стадію коагуляції (реагентне очищення) в освітлювачі та УУФ. Перед освітлювачем встановлюється теплообмінник для підігріву води для пришвидшення процесу коагуляції.

1.1 Очищення води коагуляцією

В процесах водопідготовки широко використовується коагуляція. Її використовують для зниження вмісту завислих і колоїдно-дисперсних домішок під дією сил тяжіння. Проте домішки, які обумовлюють каламутність і колірність природних вод, мають малі розміри і їх осадження відбувається повільно. Дрібнодисперсні колоїдні частинки ще більше ускладнюють процес осадження. Тому для прискорення процесів відокремлення вказаних домішок шляхом осадження, фільтрування або флотації здійснюють їх коагуляцію.

Коагуляцією домішок води називається процес укрупнення колоїдних та завислих частинок дисперсної системи, який протікає внаслідок їх взаємодії і об'єднання в агрегати. Завершується цей процес відділенням агрегатів частинок, що злиплися, від рідкої фази осадженням.

Дисперговані, колоїдні та завислі частинки домішок природних вод в

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

більшості випадків мають однакові заряди, що зумовлює виникнення міжмолекулярних сил відштовхування і агрегатну стійкість. Оскільки в технології очищення води розглядається частинне або повне видалення домішок, агрегативну стійкість частинок прагнуть порушити, а заряд їх зменшити до нуля або дуже малих значень. Цього досягають додаванням до води сульфатів алюмінію, заліза (II) та заліза (III), хлориду алюмінію, хлориду заліза (III), алюмінату натрію, оксихлориду алюмінію та інших речовин, які або порушують агрегативну стійкість системи, або утворюють внаслідок гідролізу колоїди, які сорбують частинки домішок [1].

Воду, що очищується, підлугуюють, якщо лужний резерв недостатній для задовільного гідролізу коагулянтів. Для підлугування води і зв'язку утвореного під час гідролізу агресивного оксиду вуглецю (IV) застосовують гідроксид і карбонат натрію, карбонат кальцію і вапно, а також в невеликих кількостях аміак і аміачну воду. В процесі підлугування значення рН підтримують в межах 6,5-7,5. Це сприяє зменшенню залишкового вмісту алюмінію і заліза в очищеній воді і зменшенню їх корозійних властивостей.

Одним з найбільш істотних параметрів технологічного процесу очищення води коагуляцією є доза коагулянта і порядок введення реагентів. В разі недостатнього дозування коагулянта або його неправильного введення у воду, що очищується, не досягають необхідного ефекту очищення, а в разі його надлишку в деяких випадках може погіршитись коагуляція. При виборі коагулянтів необхідно враховувати переваги та недоліки цих сполук. Коагулянти на основі сполук алюмінію добре працюють за наявності природної кольоровості води, суттєвий недолік — підвищена чутливість до температури води (погіршується їх дія за низьких температур), осадження гідроксиду алюмінію здійснюється у вузькому інтервалі рН. Коагулянти на основі сполук заліза утворюють у воді осад гідроксиду заліза, розчинність якого нижче ніж гідроксиду алюмінію; осад має меншу щільність і "утримує" менше води порівняно з гідроксидом алюмінію. Недоліком залізного

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

коагулянту є нерівномірність осадження, що потребує ретельного дозування у воду [2].

Одним з недоліків коагуляційного очищення води є утворення великої кількості осаду (шламів), які представляють собою складну суміш сполук.

Можливі наступні шляхи вирішення цієї проблеми:

- 1) розробка та впровадження нових видів коагулянтів;
- 2) регенерація шламів з метою одержання солей Al, Fe.

1.2 Очищення води методом ультрафільтрації

Ультрафільтрація — це мембранний процес, який за розмірами частинок затримуваних домішок займає проміжну ланку між нанофільтрацією та мікрофільтрацією. Ультрафільтраційні мембрани мають розміри пор 0,01 - 0,1 мкм, що дозволяє їм затримувати тонкодисперсні та колоїдні домішки, макромолекули (нижня межа маси затримуваних молекул складає кілька тисяч одиниць), водорості, високомолекулярні органічні сполуки, одноклітинні організми, цисти, бактерії та віруси [3]. Видалення іонів та розчинених у воді речовин не відбувається. Таким чином, використання мембранної ультрафільтрації для очищення води дозволяє зберегти її сольовий склад. Вода подається насосом під тиском у відсік і проходить скрізь мембрану завдяки, тому що з'являється різниця трансмембранного тиску (ТМТ). Щоб не допустити занадто високої концентрації затриманих мембраною домішок, які можуть складатися із колоїдів, молекул, атомів або іонів, частина води, що подається виводиться із системи у вигляді концентрату. Занадто висока концентрація домішок в мембранній системі може привести до створення неорганічних відкладень на поверхні мембрани або до появи колоїдного осаду, який накопичується на мембрані, змінює фільтраційні властивості і впливає на тиск фільтрації. Потік просувається ззовні всередину, тобто вода, що подається протікає ззовні волокон, а фільтрат виходить зсередини скрізь

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

стілки капілярів мембрани або навпаки.

Ультрафільтраційні мембрани розроблені спеціально для видалення високомолекулярних речовин. Вода під тиском протікає скрізь мембрану і часточки залишаються на її поверхні. Через невеликий розмір пор мембрани всі завислі тверді часточки, включаючи мікроорганізми, ефективно видаляються із води. Оскільки такі часточки утворюють осадовий шар на поверхні мембрани, напрям потоку води періодично змінюється (зворотна промивка), щоб видалити цей шар [3].

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБЛЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ, ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ ТА НАПІВПРОДУКТІВ, МАТЕРІАЛІВ

Так як після УУФ вода подається на установку зворотнього осмосу, то вода повинна відповідати наступним умовам представленим у таблиці 2.1 [4].

Таблиця 2.1 – Показники якості води на виході з УУФ

№ п/п	Показник якості води	Умови
1	Завислі частинки (мутність), не більше, мг/дм ³	0,6
2	Жорсткість загальна, не більше, мг-екв/дм ³	20
3	Загальний солевміст, не більше, мг/дм ³	50 000
4	Колірність, не більше, градус	3
5	pH, не більше	3-10
6	Колоїдний індекс, не більше, мг/дм ³	0,4
7	Залізо загальне, не більше, мг/дм ³	0,1
8	Вільний активний хлор, не більше, мг/дм ³	0,1
9	Окиснюваність перманганатна, не більше, мгО ₂ /дм ³	2,0

Вихідна вода потрапляє на ТЕЦ з берегової насосної станції, розташованої на березі Русанівського каналу. Вона попередньо підігрівається до температури 40°C (±1) в теплообміннику.

Склад води є непостійним. Він залежить від сезону, опадів, водного транспорту та стічних вод заводів розташованих вище за течією. Приблизна характеристика вихідної води наведена у таблиці 2.2.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.2 – Характеристика вихідної води

№ п/п	Показник якості води	Межі
1	Зважені частки, мг/дм ³	1 - 10
2	Солевміст, мг/дм ³	120 ÷ 200
3	Твердість, мг-екв/дм ³	3,0 ÷ 4,5
4	Лужність, мг-екв/дм ³	2,5 ÷ 4,0
5	Хлориди, мг/дм ³	8 ÷ 18
6	Сульфати, мг/дм ³	160 ÷ 200
7	Окиснюваність, мг/дм ³	5 ÷ 13
8	Ферум, мкг/кг	350 ÷ 900

Для коагуляційного очищення використовують вапняне молоко та коагулянт. Їх приготування передбачає відповідні установки. Реагенти та їх характеристика наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Реагенти, що використовуються у процесі коагуляції

№ п/п	Реагент, стандарт	Основна речовина, формула, сорт і % вміст
1	Купорос залізний технічний ГОСТ 6981-94	Коагулянт, FeSO ₄ Марка А не менш ніж 53%
2	Вапно будівельне повітряне негашене ГОСТ 9179-77	Вапно, СаО Гідратна, 3-й сорт не менш ніж 50 %

Для хімічної промивки ультрафільтраційних мембран використовують соляну кислоту, гідроксид натрію та гіпохлорит натрію, характеристика яких наведена у таблиці 2.4.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

Таблиця 2.4 – Реагенти, що використовуються для промивки УФ мембран

№ п/п	Назва реагенту	Формула, сорт, відсотковий вміст основного компоненту
1	Соляна кислота ДСТУ 2904-94	HCl, Марка А – не менше 35%; Марка Б – не менше 31,5 %.
2	Гідроксид натрію ГОСТ Р 55064-2012	NaOH, Вищий сорт не менше 46 %
3	Гіпохлорит натрію ГОСТ 11086-76	NaOCl, Марка А, Масова концентрація активного хлору – не менше 190 г/дм ³

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА, ХІМІЗМ, ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

3.1 Теоретичні основи методу ультрафільтрації

Мембранні методи очищення стічних вод засновані на властивості пористих тіл краще пропускати одні речовини, ніж інші. Способи мембранного розділення, що використовуються в технології очищення води, умовно діляться на діаліз, електродіаліз, мікрофільтрацію, ультрафільтрацію, зворотний осмос. У відповідності з видом перенесення речовини мембранні методи можна розділити на дифузійні, електричні і гідродинамічні. Гідродинамічними методами є фільтрація, ультрафільтрація і зворотний осмос.

Ультрафільтрація призначена для концентрування ліозолів при очищенні стічних вод, розчинів полімерів та їх очищення від високомолекулярних речовин. У процесі ультрафільтрації високомолекулярні речовини затримуються мембраною, так як розмір їх молекул більше, ніж розмір пор, а низькомолекулярні речовини і розчинник вільно проходять через її пори.

Від звичайного фільтрування ультрафільтрація відрізняється відділенням частинок меншого розміру, що регулюється розміром пор мембрани, які при ультрафільтрації не повинні перевищувати розмірів частинок золю. Крім того, в результаті цього процесу отримують більш концентрований ліозоль (суспензію), а не осад, який утворюється при звичайному фільтруванні [5].

Ефективність процесу ультрафільтрації залежить від властивостей мембран. Мембрани поділяють на фільтраційні (напівпроникні) та дифузійні. Фільтраційні мембрани здатні розділяти речовини в рівноважних умовах,

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

розмір їхніх пор можна порівняти з розмірами проникаючих частинок або молекул. Дифузійні мембрани зазвичай застосовують для розділення газів методом газової дифузії. Фільтраційні мембрани поділяють на макро-, перехідно- і мікропористі (подібно адсорбентам). Мікропористі мембрани можуть бути нейтральними або іонітовими.

Мембрани повинні володіти високою проникністю (питомою продуктивністю), хорошою селективністю (роздільною здатністю), стійкістю до дії середовища, постійністю характеристик, достатньою механічною міцністю.

Основними характеристиками процесу ультрафільтрації є проникність і селективність мембран. Проникність (або питома продуктивність) виражається кількістю V фільтрату віднесенням до одиниці часу t і одиниці поверхні S мембрани:

$$Q = \frac{V}{St} = k_1(\Delta p - \Delta p_0), \quad (3.1)$$

де k_1 - коефіцієнт, що залежить від проникності мембрани; ΔP - різниця тисків розчину (води) до і після мембрани; Δp_0 - різниця осмотичних тисків [5].

Селективність визначають (у %) за наступною формулою:

$$\varphi = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \cdot 100 = \left(1 - \frac{c_2}{c_1}\right) 100, \quad (3.2)$$

де c_1 і c_2 - концентрація розчиненої речовини або дисперсної фази відповідно у вихідному розчині (стічній воді) і фільтраті (очищеній воді) [5].

При 100%-й селективності мембрана пропускає тільки розчинник (очищену воду).

Пористість β мембрани можна виразити співвідношенням:

$$\beta = \pi d_{cp}^2 n / 4, \quad (3.3)$$

де d_{cp} - середній діаметр пори, м; n - кількість частинок на 1 м^2 площі мембрани [5].

В процесі очищення деяка кількість розчиненої речовини проходить через мембрану разом з водою. Цей прорізок S практично не залежить від

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		21

тиску:

$$S = k_2(c_1 - c_2), \quad (3.4)$$

де k_2 - константа мембрани [5].

Відношення об'єму отриманого фільтрата до об'єму води на вході, виражене у відсотках, називають конверсією:

$$x = \frac{V_\phi}{V_0}, \quad (3.5)$$

де V_ϕ – об'єм одержаного фільтрата, V_0 – об'єм води на вході до мембранного модуля.

Оскільки певна частина води витрачається на промивання мембрани, конверсія завжди менша за 100 %, вона знаходиться в межах 40-80 %. Конверсію можна регулювати, змінюючи параметри проведення процесу фільтрації. Висока конверсія означає скидання менших об'ємів води у дренаж та, відповідно, більший вихід кінцевого продукту – очищеної води. Але збільшуючи конверсію та, відповідно, зменшуючи долю концентрату, можна спричинити швидке забруднення мембрани і різке падіння продуктивності. Величина конверсії повинна регулюватися залежно від складу вихідної води, у тому числі від якості її попереднього очищення, а також від необхідної якості фільтрату.

За способом створення рушійної сили процесу – трансмембранного тиску – ультрафільтрацію можна поділити на напірну та вакуумну. У випадку напірної ультрафільтрації різниця тисків, необхідна для забезпечення процесу фільтрування води крізь мембрану, створюється за рахунок тиску води, яка подається на мембрану. При вакуумній ультрафільтрації різниця тисків забезпечується створенням розрідження на виході мембранного елемента, який є зануреним у воду [5].

При тангенційній фільтрації забруднення постійно змиваються з поверхні мембрани тангенційно направленим потоком води, на що може витрачатися до 80 % пермеату. Процес тангенційної фільтрації більш

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

характерний для нанофільтрації та зворотного осмосу і майже не використовується в мікрофільтрації та ультрафільтрації через складнощі конструктивної організації процесу [5].

Природа розчиненої речовини впливає на селективність. При однаковій молекулярній масі неорганічні речовини затримуються на мембрані краще, ніж органічні. З підвищенням тиску питома продуктивність мембрани збільшується. Однак за високих тисків відбувається ущільнення матеріалу мембран, що викликає зниження проникності, тому для кожного виду мембран встановлюють максимальний робочий тиск.

Зі збільшенням температури збільшується проникність мембран, але при цьому підвищується осмотичний тиск, який зменшує проникність; починаються усадка і стягання пор мембрани, що також знижує проникність; зростає швидкість гідролізу, скорочуючи термін служби мембран.

Так як через мембрану переважно проходить розчинник, то у її поверхні значно збільшується концентрація розчинених або диспергованих речовин. Це явище називається концентраційною поляризацією. Воно може призвести до зниження швидкості процесу переносу, до осадження розчиненої речовини і коагуляції дисперсної фази.

Для зменшення впливу концентраційної поляризації застосовують рециркуляцію розчину і турбулізацію прилеглого до мембрани шару рідини.

Найбільш економічним режимом роботи ультрафільтраційних установок є «тупиковий», коли вся вихідна вода пропускається через мембрану. У ряді випадків для боротьби зі зростанням осаду над поверхнею мембрани створюють додатковий потік з оброблюваної рідини, який розмиває накопичений осад. Для більш ефективного видалення забруднень з поверхні і з пор мембрани використовують метод зворотних промивок, при якому очищену воду (фільтрат) пропускають через мембрану в напрямку, протилежному напрямку фільтрування. Для запобігання біологічного заростання ультрафільтраційних мембран в воду для зворотного промивання

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

мембранних елементів додають дезинфектант, найчастіше, гіпохлорит натрію.

Отже, якісними відмінностями ультрафільтраційних мембран від альтернативних технологій є:

- 1) ефективна ультратонка фільтрація води за низького робочого тиску 1-2 атм;
- 2) зменшення кількості реагентів, що використовуються більш ніж в 10 разів;
- 3) проста автоматизація;
- 4) повне видалення зважених речовин;
- 5) дезінфекція (видалення 99,99 % бактерій і вірусів);
- 6) освітлення води (зниження каламутності і кольоровості води);
- 7) високий ступінь очищення води від заліза і марганцю;
- 8) ефективне видалення колоїдного кремнію і органічних речовин;
- 9) ультратонке очищення води (ступінь фільтрації 0,01 мікрон);
- 10) ультрафільтрація дозволяє зберегти сольовий склад природної води [6].

В той же час ультрафільтрація має декілька недоліків порівняно із іншими методами фільтрування. А саме вузький технологічний діапазон – необхідність точного підтримування умов проведення процесу; порівняно невисока межа концентрування, яка для гідрофільних речовин звичайно не перевищує 20-35 %, а для гідрофобних – (50÷60) %; невеликий (1÷7 роки) термін служби мембран внаслідок осадоутворення в порах і на їх поверхні, що призводить до забруднення, отруєння і порушення структури мембран або погіршення їх механічних властивостей [7].

3.2 Теоретичні основи методу коагуляції

Дисперговані, колоїдні та завислі частинки домішок природних вод в більшості випадків мають однакові заряди, що зумовлює виникнення

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

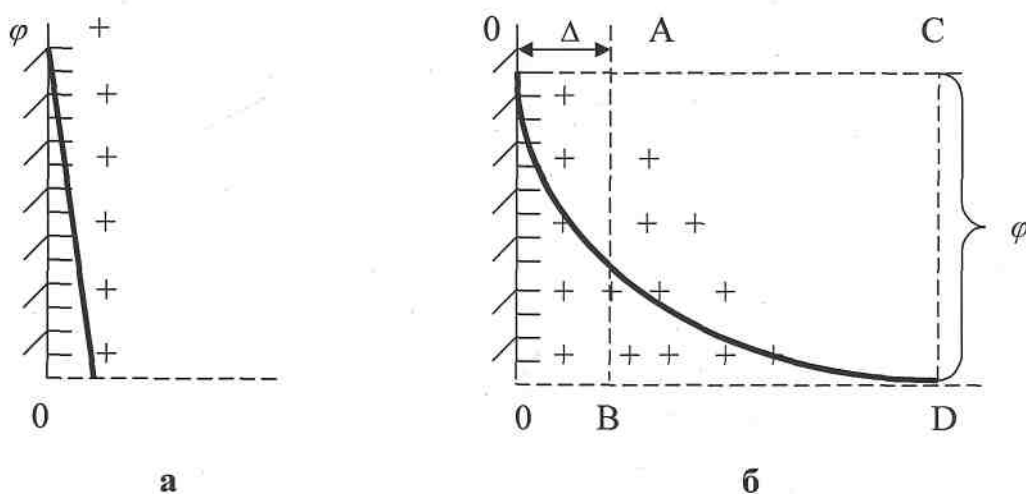
міжмолекулярних сил відштовхування і агрегатну стійкість. Оскільки в технології очищення води розглядається частинне або повне видалення домішок, агрегативну стійкість частинок прагнуть порушити, а заряд їх зменшити до нуля або дуже малих значень. Цього досягають додаванням до води сульфатів алюмінію, заліза (II) та заліза (III), хлориду алюмінію, хлориду заліза (III), алюмінату натрію, оксихлориду алюмінію та інших речовин, які, являючись коагулянтами, або порушують агрегативну стійкість системи, або утворюють внаслідок гідролізу колоїди, які сорбують частинки домішок.

Колоїдні домішки, які знаходяться в природній воді, дозволяють розглядати її як гетерофазну систему, в якій вода є дисперсним середовищем, а маса розташованих в воді колоїдних частинок — дисперсною фазою. Ці частинки — дуже малі агрегати кристалічної або аморфної побудови. Завдяки великій питомій поверхні колоїдних частинок вони мають значну поверхневу енергію, а внаслідок, і високу адсорбційну ємність. Ця обставина має велике значення, оскільки загальний процес обробки води — коагулювання — пов'язаний з адсорбцією на колоїдних частинках домішок, які знаходяться в воді.

Виникненню колоїдних частинок передують утворення твердої фази (ядра), яка адсорбує із розчинів потенціалутворюючі іони. Сильніше адсорбуються іони, котрі більше знижують вільну енергію поверхні твердої фази. В результаті поглинання іонів поверхня ядра набуває заряду. Різноманітні заряджені іони, які знаходяться в розчині, збираються у поверхні ядра внаслідок електричного притягання між різноманітними зарядами, утворюючи колоїдну частинку. Якщо б в розчині не було теплового руху іонів, який призводить до їх перемішування, протіони утворювали б мономолекулярний шар (рисунк 3.1.а), який охоплює колоїдну частинку на відстані іонного радіусу. Термодинамічний потенціал у такого подвійного шару є потенціалом між твердою фазою та рідиною. В дійсності, узагальнена побудова оболонки порушується в результаті теплового руху іонів в розчині, а шар, який охоплює

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

частинки протиіонів набуває дифузного характеру (рисунок 3.1.б).



00 - поверхня ядра; АВ - межа подвійного шару; Л - товщина подвійного шару; CD — межа дифузного шару

Рисунок 3.1- Зміна потенціалу та розподіл заряду в подвійному (а) і дифузному (б) шарах

Колоїдні частинки знаходяться в постійному русі. При цьому частина оточуючого частинку розчину захоплюється та рухається разом з нею у вигляді тонкої плівки. На рисунку 3.1.б лінія ОО являє собою поверхню колоїдної частинки, безпосередньо біля якої розташовані позитивно заряджені іони подвійного шару, а потім ідуть іони дифузного шару, які обмежені на рисунку лінією CD, яка є межею електронейтрального комплексу міцели. При русі колоїдна частинка в електричному полі забирає частину розчину, яка обмежена на рисунку лінією АВ, а частина іонів дифузного шару, які розташовані між лініями АВ і CD, відривається від частинки. При цьому колоїдна частинка становиться негативно зарядженою, а оточуючий її розчин набуває позитивного заряду. Стрибок потенціалу, який виникає при цьому між частинами рідини, захопленої колоїдної частинки, та залишеним розчином, називається електрокінетичним або ζ - потенціалом [5].

ζ - потенціал змінюється при додаванні до колоїдних систем елект

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ролітів. У випадку негативно заряджених частинок ζ - потенціал залежить від величини заряду катіонів електроліту, а позитивно заряджених частинок - від величини заряду аніонів.

Швидкість коагуляції залежить від концентрації електроліту (рисунок 3.2).

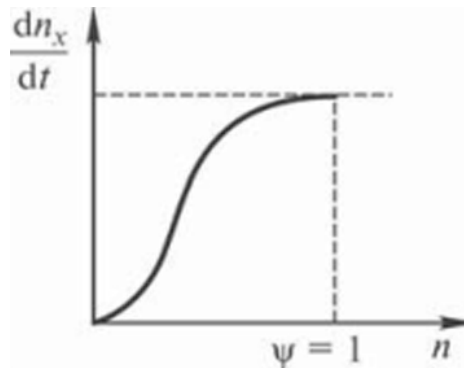


Рисунок 3.2. Залежність відносної швидкості коагуляції від концентрації електроліту

При малих концентраціях електроліту ефективність зіткнення частинок ψ , тобто відношення числа зіткнень, що закінчилися злипанням, до загального числа зіткнень, близька до нуля ($\psi = 0$). По мірі зростання концентрації швидкість коагуляції збільшується, але не всі сутички закінчуються злипанням частинок – таку коагуляцію називають повільною. При $\psi = 1$ настає швидка коагуляція, при якій всі зіткнення частинок закінчуються утворенням агрегатів.

Швидкість швидкої коагуляції для нерухомого середовища при броунівському русі частинок з теорії Смолуховського дорівнює:

$$\frac{dn_x}{dt} = k(n_0 - n_x)^2. \quad (3.6)$$

Кількість частинок в одиниці об'єму води за годину для швидкої і повільної коагуляції визначається за формулами:

$$n_t = n_0 / (1 + \frac{t}{T_{1/2}}); \quad (3.7)$$

$$n_t = n_0 / [1 + \psi(\frac{t}{T_{1/2}})]; \quad (3.8)$$

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де k – константа коагуляції; n_x – число агрегатів частинок; n_0 – початкова концентрація частинок; $T_{1/2}$ – час коагуляції, протягом якого кількість частинок в одиниці об'єму зменшується вдвічі; ψ – коефіцієнт ефективності зіткнень частинок [5].

В полідисперсних системах коагуляція відбувається швидше, ніж в монодисперсних, оскільки великі частинки при осіданні захоплюють за собою більш дрібні. Форма частинок також впливає на швидкість коагуляції. Наприклад, подовжені частинки коагулюють швидше, ніж кулясті.

Розмір пластівців (в межах 0,5...3 мм) визначається співвідношенням міжмолекулярними силами, що утримують частинки разом, і гідродинамічними силами відриву, які прагнуть зруйнувати агрегати.

Густина пластівців ρ_x визначається з урахуванням густини води ρ_0 і твердої фази ρ_t , а також обсягу твердої речовини в одиниці об'єму пластівців δ_t [5]:

$$\rho_x = \rho_0 + \delta_t(\rho_t - \rho_0). \quad (3.9)$$

Міцність пластівців залежить від гранулометричного складу утворених агрегатів частинок і пластичності. Агломерати часток, неоднорідних за розміром, міцніші, ніж однорідних. Внаслідок виділення газу з води, а також в результаті аерації та флотації відбувається газонасичення пластівців, яке супроводжується зменшенням щільності пластівців і зменшенням швидкості осадження.

Відношення швидкості стиснутого осадження до швидкості вільного осадження частинок:

$$\frac{\omega_{ст}}{\omega_{ос}} = \sqrt{(1 - \varphi)\zeta_0/\zeta_{ст}}, \quad (3.10)$$

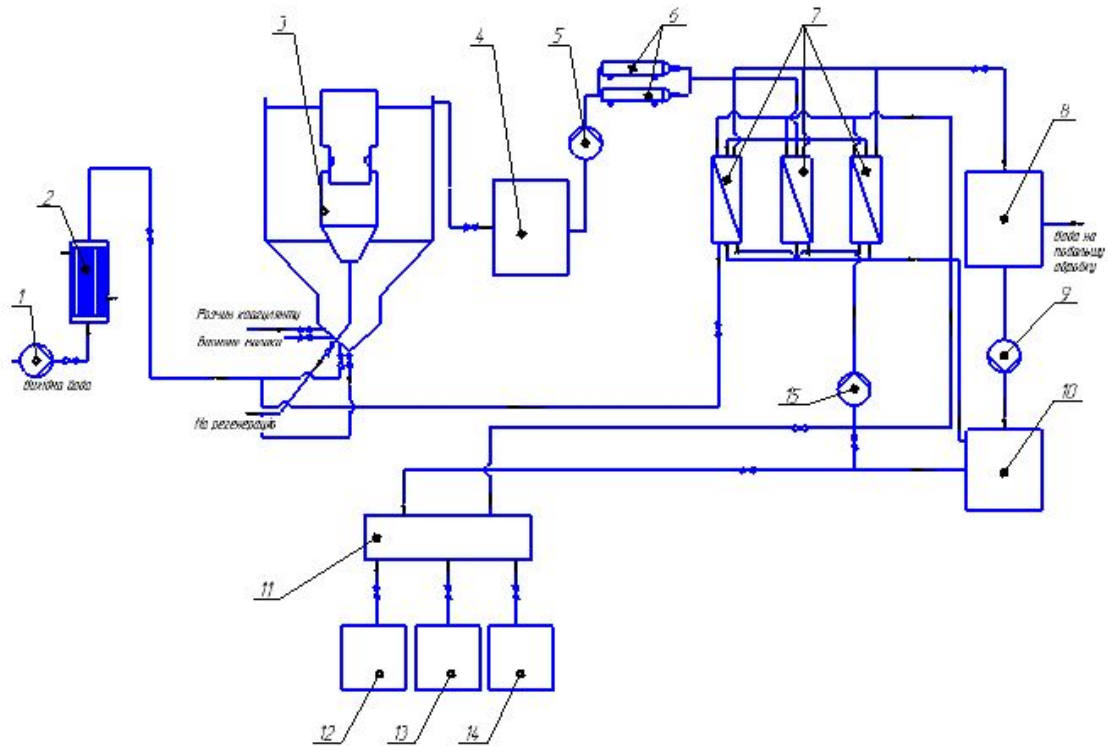
де φ - об'ємна концентрація частинок; ζ_0 і $\zeta_{ст}$ - коефіцієнти опору частинки при вільному і вимушеному осадженні [5].

Коагуляція вод, що містять дрібнодисперсні і колоїдні частинки, може відбуватися при пропусканні стічних вод через електролізер з анодом, виготовленим з алюмінію або заліза.

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

4 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА АНАЛІТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Технологічну схему відділення попереднього очищення води зображено на рисунку 4.1.



1 – насос вихідної води; 2 - теплообмінник; 3 – освітлювач; 4 – бак вапнованої води; 5 – насос вапнованої води; 6 – механічні фільтри; 7 – установка ультрафільтрації; 8 - бак УФ-пермеату на подальшу обробку; 9 – насос УФ-пермеату; 10 – бак УФ-пермеату для зворотної промивки; 11 – станція СІР та СЕВ промивок; 12– станція дозування гідроксиду натрію; 13 – станція дозування гіпохлориту натрію; 14 – станція дозування кислоти; 15 – насос води для зворотної промивки

Рисунок 4.1 – Технологічна схема попереднього очищення води

Вода насосом 1 подається з річки Дніпро у теплообмінник 2, де підігрівається до 40 °С (±1), далі надходить в освітлювач 3. В освітлювач

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

подається підігріта до $40 (\pm 1) ^\circ\text{C}$ вихідна вода, яка пройшла повітровідділювач. Дозуючі розчини реагентів окремо вводяться в нижню частину освітлювача – камеру змішування за допомогою тангенціально розташованих сопел, а саме: коагулянт FeSO_4 та вапняне молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Обертальний рух води сповільнюється за допомогою перфорованих вертикальних перегородок, а вирівнювання швидкості підйому води здійснюється горизонтальними решітками. Тверда фаза, що виділяється, підтримується водою у зваженому стані, при чому максимальний рівень осаду підтримується на 1,5 м нижче верхнього збірного пристрою, у результаті чого утворюється захисний шар освітленої води. Основна частина води, піднімаючись, проходить шар зваженої фази і захисну зону, звільняючись при цьому від суспензії, збирається в кільцевому жолобі і виводиться з освітлювача. Менша частина води (10 – 15 %) з верхньої частини зваженого шару разом із твердою фазою надходить через шламоприймальні вікна в шламоущільнювач, у якому через відсутність висхідного руху шлам відстоюється, частково зневоднюється і видаляється по лінії постійної чи періодичної продувки. Звільнена від осаду вода відводиться від шламоущільнювача і подається по трубопроводу в збірний жолоб освітлювача. Для видалення піску, що накопичується, і інших грубодисперсних домішок у нижній частині освітлювача роблять періодичну продувку.

Після освітлювача вода збирається в баку вапнованої води 4, звідки насосом 5 подається на механчні фільтри 6, після чого йде на ряд ультрафільтраційних мембран 7, що забезпечують тонку фільтрацію води до 0,01 мкм. Після ультрафільтраційних мембран, вода надходить у бак для УФ-пермеату 8, звідси деяку частину пермеату подають насосом 9 на зворотну промивку мембран в бак 10 та в баки для змішування з коагулянтном та вапном.

Проектом передбачається 3 модуля ультрафільтрації з номінальною продуктивністю $53 \text{ м}^3/\text{год}$ кожен, що складаються з 29 ультрафільтраційних елементів Dow Ultrafiltration SFP2880 компанії Dow Chemical, США.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		30

Ультрафільтраційні модулі вимагають короткочасної періодичної промивки очищеною водою, для чого подається вода з баку для пермеату 10. Перемикання режимів роботи установки проводиться автоматично за заданою програмою. Крім того, для хімічної промивки та хімічної регенерації модулів в складі установки є спеціальне устаткування для приготування реагентів, що включає ємності приготування розчинів, насоси подачі розчинів реагентів HCl, NaOH, NaOCl, насоси-дозатори і контрольно-вимірювальні прилади поз. 11-14.

Після зворотної промивки мембран воду пускаємо в цикл перед освітлювачем.

4.1 Установка ультрафільтрації

Стандартна робота УФ-модуля включає послідовність чергування режиму ВИРОБНИЦТВО (фільтрація) і режиму ПРОМИВКА.

При автоматичному управлінні перемикання режимів роботи модулів проводиться відповідно до програми контролера, і ультрафільтраційний модуль може бути переведений в режими:

- ВИРОБНИЦТВО;
- ПРОМИВКА;
- АВТОВИМК;
- АВТОВИМК ПРОМИВКА;
- СТОП;
- АВАРІЯ.

Режими промивки мають кілька стадій (підрежимів): барботаж; злив; зворотна промивка 1; зворотна промивка 2; пряма промивка.

При ручному управлінні оператор може запустити режими:

- СЕВ_CL - СЕВ-промивка с гіпохлоритом;
- СЕВ_NaOH - СЕВ-промивка з лугом;

- СЕВ_HCL - СЕВ-промивка з кислотою;
- Консервація;
- ПРОМИВКА.

При первісному запуску модуля для видалення залишків хімічних речовин або повітря, що потрапили в модуль, включається режим ПРОМИВКА або тільки стадія ПРЯМА ПРОМИВКА (FF - «forward flush»). Після завершення промивки модулі можуть бути переведені в режим ВИРОБНИЦТВО (фільтрація) [8].

На рисунках 4.2 – 4.8 наведено зображення потоків при різних режимах роботи модуля, при цьому модуль схематично зображено у вигляді однієї мембрани.

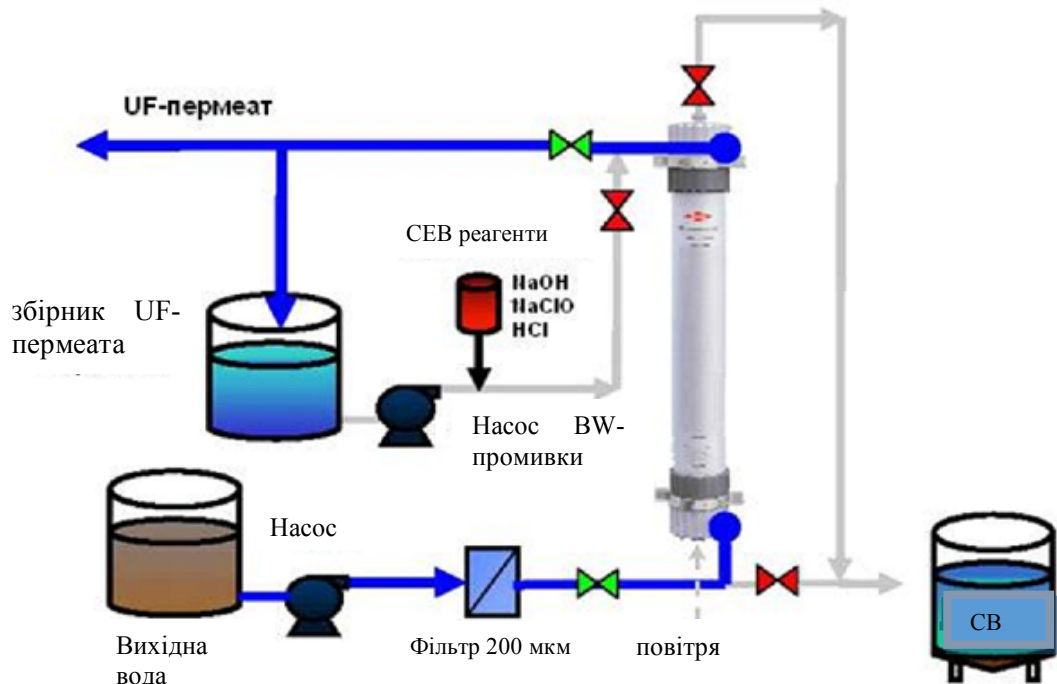


Рисунок 4.2 – Режим ВИРОБНИЦТВО (фільтрація) [8]

В режимі ВИРОБНИЦТВО контролюється значення витрати УФ-пермеата і значення перепаду тиску в модулі. Може контролюватися стан автоматичних засувок, якщо цей вид контролю включений. Режим ВИРОБНИЦТВО ультрафільтраційного модуля триває 20-60 хвилин, згідно

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

закладеної в контролер програмі. В процесі роботи відбувається накопичення забруднень і зростання трансмембранного тиску (TMP). Наприкінці встановленого часу робочого циклу, модуль переводиться в режим ПРОМИВКА, що включає кілька стадій:

- барботажа повітрям;
- дренавання (злив) води з модуля;
- зворотне промивання через верхній вихід;
- зворотне промивання через нижній вихід;
- пряму промивку.

Кожна стадія тривати 20-60 секунд, загальний час промивки може становити від 3 до 10 хвилин. Періодичність, послідовність і тривалість стадій промивки задається в програмі контролера.

Програма котроллер дозволяє оператору коригувати ці параметри.

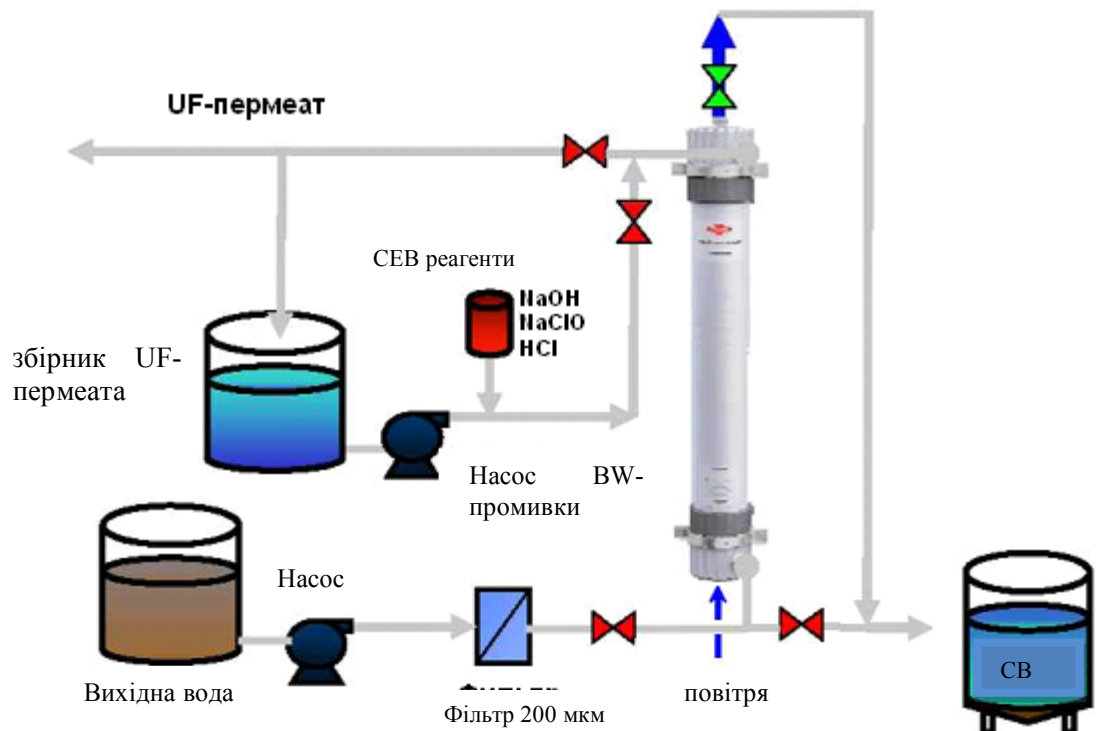


Рисунок 4.3 – Стадія барботажу повітрям ультрафільтраційних модулів [8]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ХН 3107 1440 000 ПЗ

Стадія барботажу повітрям використовується для ослаблення прилипання відфільтрованих частинок осаду на зовнішній поверхні мембрани. Повітря вводиться на зовнішню поверхню волокон і переміщається на вихід через верхній штуцер.

Після 20-30 секунд барботажа повітрям проводиться злив води з модуля через заслінки під дією сили тяжіння для видалення зірваних повітрям частинок. Якщо барботаж повітрям не використовується, зворотна промивка починається зі зливу води з модуля під дією сили тяжіння, щоб видалити концентрат перед початком промивки.

Після зливу виконується зворотна промивка через верхній вихід - перший крок зворотного промивання для видалення забруднень в області найбільшої концентрації забруднень. Напрямок потоку в волокнах при промивці протитоку пермеата і виконується «зсередини і назовні», при цьому відбувається змив забруднень і видалення брудної води з модуля через верхній вихід. Стадія зворотньої промивки 1 виконується за допомогою насосів зворотньої промивки, з можливістю дозування гіпохлориту натрію насосом-дозатором.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

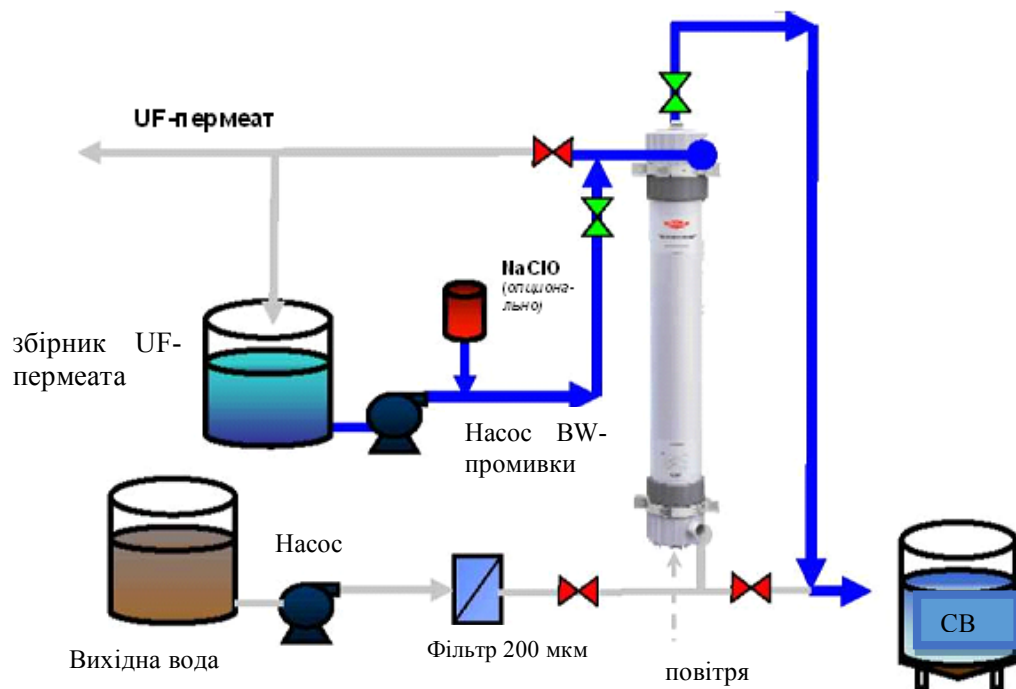


Рисунок 4.4 – Зворотня промивка через верхній вихід модуля - зворотне промивання 1 [8]

На другому етапі здійснюється зворотня промивка модуля через верхній вихід модуля – стадія зворотньої промивки 2. Напрямок потоку в волокнах при промивці також протилежно потоку пермеата і відбувається «зсередини і назовні», при цьому відбувається видалення брудної води з модуля через нижній вихід. Стадія зворотного промивки 2 також проводиться за допомогою насосів промивки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ХН 3107 1440 000 ПЗ

Арк.

35

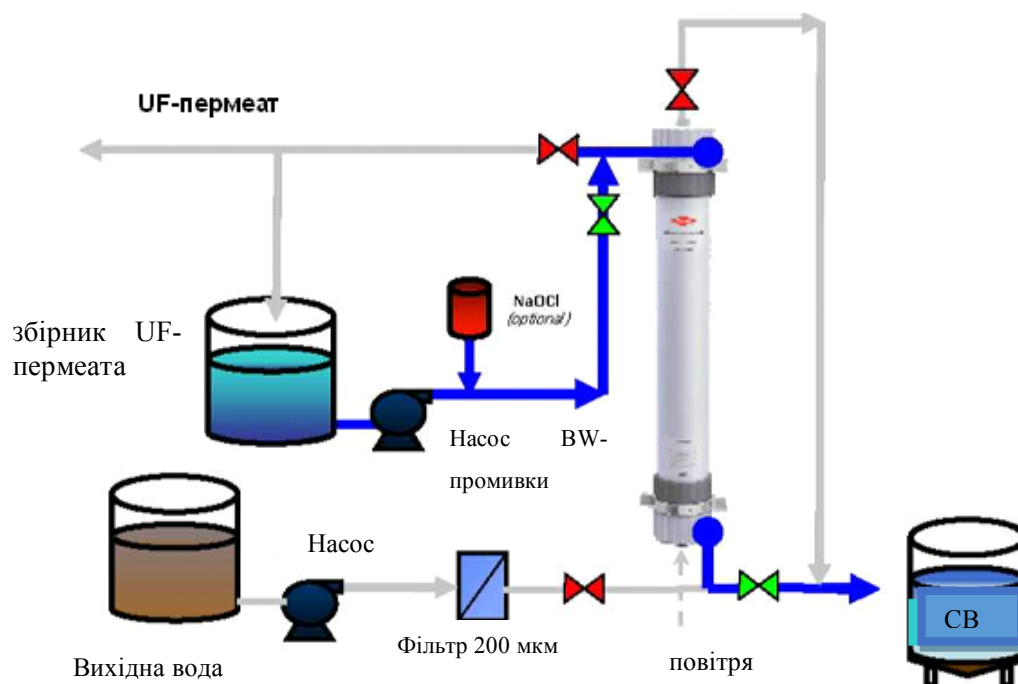


Рисунок 4.5 – Зворотня промивка через нижній вихід модуля - зворотне промивання 2 [8]

Для повернення в режим фільтрації після закінчення зворотної промивки для видалення залишкових забруднень, що перебувають на зовнішній поверхні волокон, і видалення повітря виконується пряма промивка. Стадія прямої промивки проводиться за допомогою насосів вихідної води.

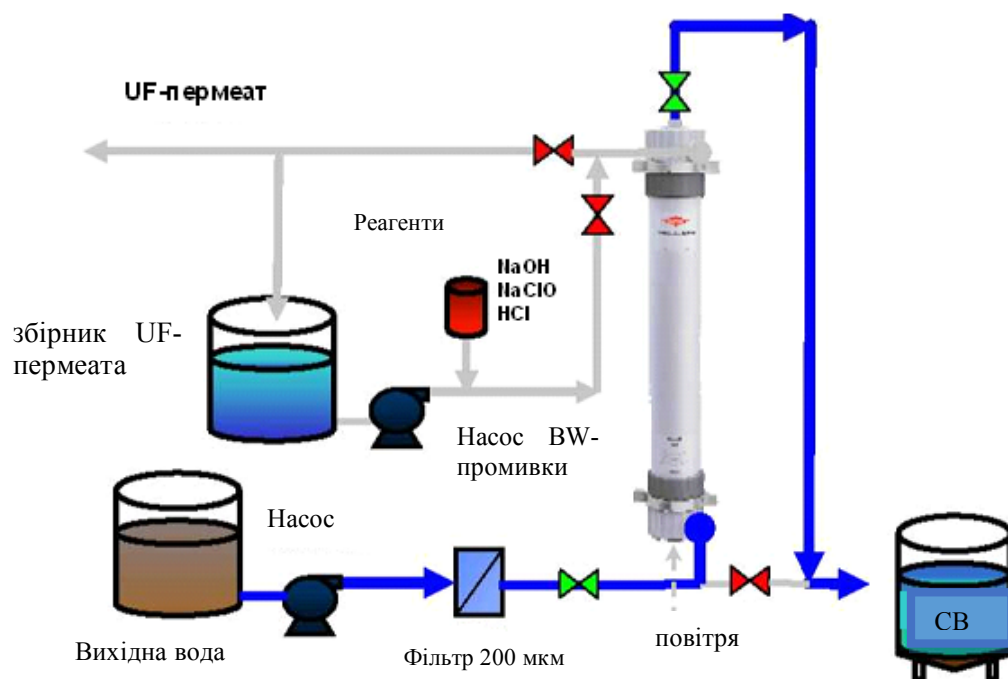


Рисунок 4.6 – Стадія прямої промивки [8]

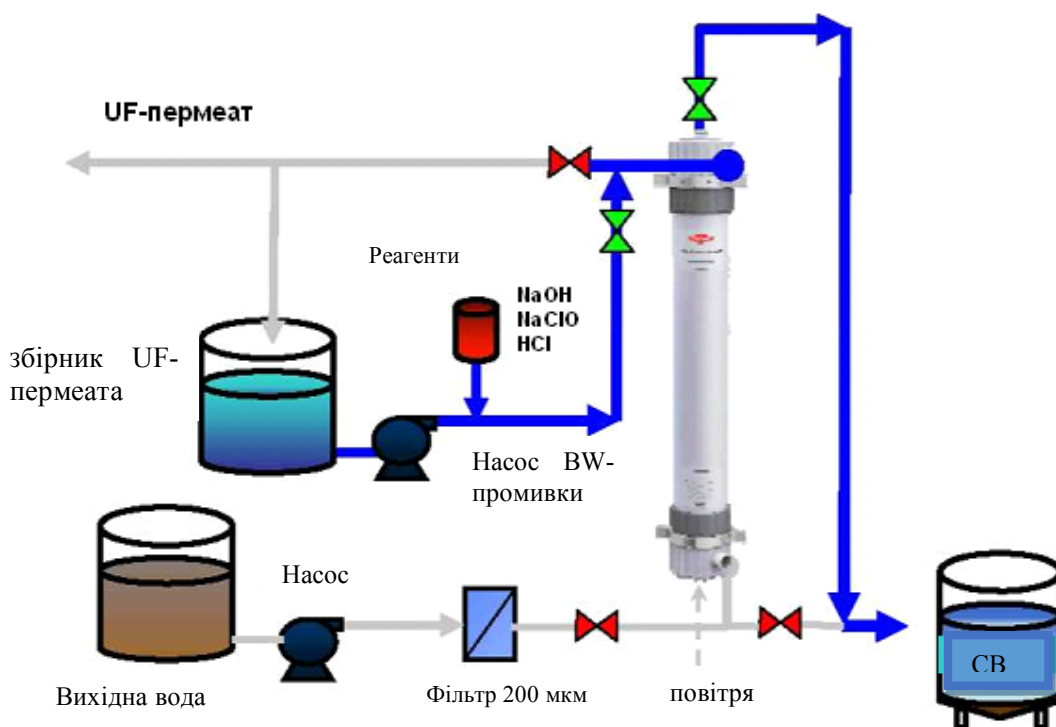


Рисунок 4.7 – СЕВ-промивка зі скиданням промивної води через верхні штуцери модуля [8]

СЕВ-промивка (Chemically Enhanced Backwash – хімічно поліпшена

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ХН 3107 1440 000 ПЗ

промивка) може проводитися при необхідності для більш ефективної очистки поверхні мембрани від забруднень. СЕВ-промивка включає ті ж стадії, що і звичайна промивка, але з використанням на стадії зворотного промивання 1 дозування кислоти, або лугу, або гіпохлориту натрію, а також додатково стадії замочування.

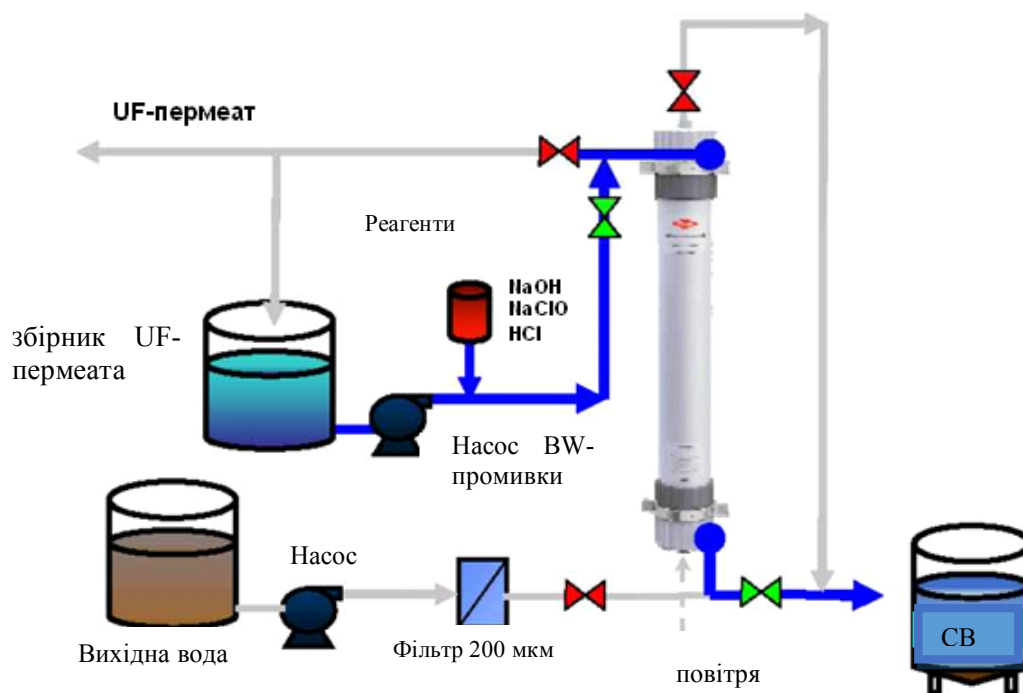


Рисунок 4.8 – СЕВ-промивка зі скиданням промивної води через нижній вихід модуля [8]

4.2 Аналітичний контроль виробництва

Для УУФ встановлено технологічний та хімічний контролю.

Технологічний контроль включає наступні елементи:

- спостереження за перепадом тисків на працюючих модулях – один раз на годину з реєстрацією його в оперативній добовій відомості;
- спостереження за загальною витратою фільтрату – один раз на годину з реєстрацією її в оперативній добовій відомості;
- контроль температури фільтрату на вході до УУФ – один раз на годину з реєстрацією її в оперативній добовій відомості;

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38

- підрахунок кількості виробленого фільтрату протягом зміни по кожному модулю;
- контроль витрати водного розчину гіпохлориту натрію - один раз на зміну з реєстрацією її в оперативній добовій відомості;
- своєчасне відключення УУФ на хімічну промивку;
- проведення періодичних (≈ 1 раз на 3 місяці) хімічних промивок по видимих ознаках забруднення.

Оперативний хімічний контроль включає:

- 1) у процесі фільтрації:
 - визначення у вхідній воді рН (по автоматичному приладу), жорсткості, лужності – один раз на годину із реєстрацією в добовій відомості;
 - визначення у фільтраті жорсткості, лужності, вмісту хлоридів – один раз на годину із реєстрацією в добовій відомості;
 - визначення у концентраті вмісту хлоридів – один раз на годину із реєстрацією в добовій відомості.
- 2) під час проведення хімічних промивок:
 - визначення концентрації лужних і кислотних розчинів перед початком операції промивки із записом результатів у “Журналі регенерацій” [3].

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

5 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Метою розрахунків даного розділу є визначення робочих об'ємів, габаритів та необхідної кількості основного і допоміжного устаткування.

5.1 Розрахунок та вибір основних реакторів

Мембранні елементи DOW SFP-2880, що застосовуються в даній технології, відрізняються високою питомою продуктивністю – для дніпровської води вона становить $(60 \div 80) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Мембранні елементи фірми Dow Chemical виготовлені з гідрофілізованого полівініліденфториду (ГПВДФ) і мають високу міцність і хімічну стійкість. Також даним мембранам властива гідрофільність, яка досягається в результаті фірмової технології, поліпшує їх опір до органічних забруднень. Розмір пор даних ультрафільтраційних мембран 0,03 мкм.

Кожен мембранний елемент являє собою корпус з розташованими всередині пучками полімерних трубчастих мембран діаметром $(0,7 \div 2,0) \text{ мм}$, поверхня фільтрації 1-го елемента – 77 м^2 , напрямок фільтрації – ззовні всередину. Елементи DOW SFP-2880 характеризується високою щільністю "упаковки" мембран, високими питомими потоками і гідродинамікою всередині волокон, що виражається в меншій схильності до засмічення внутрішніх напірних каналів мембран. Система INTEGRAPAC передбачає можливість безпосереднього з'єднання елементів між собою. Технічні характеристики елементів ультрафільтраційних елементів DOW SFP-2880 наведено в таблиці 5.1.

У 2009–2012 роках ТОВ "НВО "ЕКОСОФТ" на підприємствах Київенерго ТЕЦ–5 та ТЕЦ–6 проведені пілотні випробовування ультрафільтраційних мембран DOW, що підтвердили їх високу ефективність

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

та відмінні експлуатаційні властивості.

Таблиця 5.1 - Технічні характеристики елементів DOW IP-77 [8]

Характеристика	Значення
Тип мембранного елементу	DOW SFP-2880
Площа фільтрації, м ²	77
Тип фільтрації	Ззовні всередину
Максимальний тиск на вході при температурі 20 °С, МПа	0,6
Максимальний TMP (перепад тиску), МПа	0,21
Максимальний тиск зворотної промивки, МПа	0,25
Максимальна температура води, °С	40
Максимальний вміст хлору в воді, мг/дм ³	не більше 2000
Діапазон рН в роботі, од.рН	2–11
Вимоги до попередньої очистки, мкм	200
Максимальна каламутність води, NTU	300

Забезпечення середньодобової продуктивності по очищеній воді становить 360 м³/год, необхідно знайти кількість обраних мембранних елементів:

$$n = \frac{Q_c \cdot 1000}{S \cdot q} = \frac{360 \cdot 1000}{77 \cdot 53} = 88,$$

де n – кількість мембранних елементів; Q_c – продуктивність модулю, м³/год; S – площа одного мембранного елементу, м²; q – питома продуктивність елементу, дм³/ (м²·год).

Для видалення забруднень з поверхні мембран необхідно розрахувати витрати води на зворотну промивку:

$$Q_{\text{п}} = \frac{n \cdot S \cdot q_{\text{п}} \cdot t_{\text{п}}}{1000 \cdot 3600} = \frac{88 \cdot 77 \cdot 100 \cdot 40}{1000 \cdot 3600} = 7,52,$$

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

де Q_n – витрати води на зворотну промивку, м^3 ; q_n – питома витрата води на промивку для одного елементу, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; t_n – тривалість однієї промивки, с.

Кількість зворотних промивок, яка приходить на отримання 1000 м^3 УФ пермеату становить:

$$n_{\text{п}} = \frac{1000 \cdot 60}{Q_{\text{с}} \cdot t} = \frac{1000 \cdot 60}{360 \cdot 60} = 3,$$

де t – частота зворотних промивок.

При роботі УФ модулю на поверхні мембран накопичуються частинки розміром більше $0,03 \text{ мкм}$. Для збільшення ефективності їх відмивки з поверхні мембран при зворотній промивці в воду дозуються окисники. В даній технології використовується гіпохлорит натрію. Кількість 100% гіпохлориту, що витрачається на одну зворотну промивку становить:

$$m_{100\% \text{NaOCl}} = Q_{\text{п}} \cdot C_{100\% \text{NaOCl}} = 7,52 \cdot 30 = 225,8,$$

де $m_{100\% \text{NaOCl}}$ – маса 100% -го гіпохлориту, що витрачається на 1 промивку, г, $C_{100\% \text{NaOCl}}$ – доза 100% -го гіпохлориту, мг/дм^3 .

У перерахунку на товарну форму – 15% гіпохлориту, маса товарного NaOCl , що витрачається на одну промивку становитиме:

$$m_{15\% \text{NaOCl}} = \frac{m_{100\% \text{NaOCl}} \cdot 100}{15 \cdot 1000} = \frac{225,8 \cdot 100}{15 \cdot 1000} = 0,992,$$

де $m_{15\% \text{NaOCl}}$ – маса 15% -го гіпохлориту, кг.

При зворотних промивках не відмиваються абсолютно всі частинки, що забили пори мембрани або відклалися на поверхні, тому необхідно періодично проводити СЕВ та СІР промивки. СЕВ промивка складається з тих же стадій, що й зворотна, але з додаванням більшої кількості реагентів. СІР промивка – хімічна реагентна очищення мембран. Проводиться приблизно раз на рік.

Витрата води для приготування миючого розчину становить:

$$V_{\text{CIP}} = n \cdot V_{\text{р}} = \frac{88 \cdot 250}{1000} = 22,$$

де V_{CIP} – об'єм води необхідний для приготування миючого розчину, м^3 .

На отримання 1000 м^3 необхідно провести СІР промивок:

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

$$n_{CIP} = \frac{1000}{t_p \cdot f_{CIP} \cdot Q_c} = \frac{1000}{24 \cdot 60 \cdot 360} = 0,0032,$$

де t_p – години роботи модуля за добу, год/добу, f_{CIP} – кількість діб між CIP промивками, діб.

Розрахуємо витрати реагентів, необхідних для приготування миючого розчину.

Гіпохлорит натрію у товарній формі (15 %):

$$m_{NaOCl} = \frac{C_{NaOCl} \cdot V_{CIP} \cdot 100}{15} = \frac{2 \cdot 22 \cdot 100}{15} = 293,3,$$

де m_{NaOCl} – маса товарного гіпохлориту, необхідна для приготування миючого розчину, г, C_{NaOCl} – доза гіпохлориту для CIP, г/дм³.

HCl у товарній формі (35%):

$$m_{HCl} = \frac{C_{HCl} \cdot V_{CIP} \cdot 100}{35} = \frac{2 \cdot 22 \cdot 100}{35} = 125,7,$$

де m_{HCl} – маса товарної HCl, необхідна для приготування миючого розчину, г; C_{HCl} – доза HCl для CIP, г/дм³.

NaOH у товарній формі (100%):

$$m_{NaOH} = \frac{C_{NaOH} \cdot V_{CIP} \cdot 100}{100} = \frac{1 \cdot 22 \cdot 100}{100} = 22,$$

де m_{NaOH} – маса товарного NaOH, необхідна для приготування миючого розчину, г, C_{NaOH} – доза NaOH для CIP, г/дм³.

Кількість очищеної води, яка використовується на промивки, на рік:

$$V_{\text{сум.}} = Q_p \cdot n_{\text{п(рік)}} + V_{CIP} \cdot n_{CIP(\text{рік})} = 7,52 \cdot 9462 + 22 \cdot 10 = 71\,374,24 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Для оцінки роботи модулю використовують поняття проникності мембран P – відношення питомої витрати фільтрату до перепаду тиску на мембрані [3].

$$P = \frac{q}{TMP} = \frac{53}{0,21} = 252,38,$$

де P – проникність мембрани, дм³/(м²/год/МПа), TMP – падіння тиску на мембрані, МПа.

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

Так як проникність залежить від температури, необхідно скорегувати значення проникності для робочої температури води, що становить 35 °С.

$$P^{35} = P \cdot T_k = 252,38 \cdot 1,48 = 373,52,$$

де P^{35} – проникність мембрани при робочій температурі, T_k – температурний коефіцієнт.

Гідравлічний ККД процесу ультрафільтрації визначається як відношення потоку фільтрату до сумарного потоку вихідної води, що подається на установку. Чим частіше для установки проводиться процедура зворотного промивання, тим нижчий гідравлічний ККД установки.

$$\text{ККД} = \frac{t_p \cdot Q_c - t_n \cdot Q_n}{t_p \cdot Q_c} \cdot 100 = \frac{9462 \cdot 360 - 40 \cdot 7,52}{9462 \cdot 360} = 99,9.$$

Отже ККД ультрафільтраційної установки має високе значення, що свідчить про доцільність її використання в якості попередньої очистки перед системами зворотного осмосу.

Установка ультрафільтрації складається з одного блоку ЕКОСОФТ МУ–170 виробництва ООО "НПО "ЕКОСОФТ" (Україна). Кожен блок складається з трьох незалежно працюючих ультрафільтраційних модулів, що керуються одним програмованим логічним контроллером. Кожен блок ЕКОСОФТ УФ–170 складається з:

- трьох рам з встановленими на них елементами DOW SFP-2680 INTEGRAPAC (по 29 шт. на кожній рамі);
- рами з трубою обв'язкою, запірною та регулюючою арматурою, приладами КВПіА та шафою управління, поєднаною із силовою шафою.

Ультрафільтраційні блоки оздоблено всіма необхідними приладами контролю, що забезпечують постійний моніторинг параметрів роботи модулів.

Перемикання режимів роботи модуля здійснюється:

- автоматично від автоматичної системи управління;
- в ручному режимі з клавіатури місцевого контролера.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

Кожен ультрафільтраційний блок підключається до таких колекторів:

- колектору подачі фільтрованої води;
- колектору відведення УФ-пермеата;
- колектору подачі зворотної промивки;
- колектору подачі стислого повітря;
- колектору подачі розчинів СІР-промивки;
- колектору відведення розчинів СІР-промивки;
- трубопроводу для скидання промивної води.

В комплект постачання кожного блоку входить щит управління модулями з програмованим логічним контролером, що підключається до автоматичної системи управління установкою.

5.2 Допоміжне обладнання УУФ

Станція дозування гіпохлориту виробництва ООО "НПО "ЕКОСОФТ" (Україна) складається з:

- витратної ємності $0,1 \text{ м}^3$ з пристроєм для уловлювання випаровувань реагенту;
- двох насосів-дозаторів постійного дозування продуктивністю $0,0006 \text{ м}^3/\text{год}$;
- двох насосів-дозаторів пропорційного дозування продуктивністю $0,0065 \text{ м}^3/\text{год}$;
- запірної арматури, трубної обв'язки, приладів КВПіА та шафи управління, поєднаною із силовою шафою.

Усе обладнання змонтовано на рамі.

Станцію оздоблено всіма необхідними приладами контролю, що забезпечують постійний моніторинг роботи дозаторів та рівня робочого розчину у витратній ємності.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Щит управління станції підключається до автоматичної системи управління установкою.

Електрична потужність станції – 1 кВт.

Станція дозування соляної кислоти виробництва ООО "НПО "ЕКОСОФТ" (Україна) складається з:

- витратної ємності 1 м³ з пристроєм для уловлювання випаровувань реагенту;
- двох насосів-дозаторів постійного дозування продуктивністю 0,0006 м³/год;
- бочкового насоса продуктивністю 5 м³/год;
- запірної арматури, трубної обв'язки, приладів КВПіА та шафи управління, поєднаною із силовою шафою.

Усе обладнання змонтовано на рамі.

Станцію оздоблено всіма необхідними приладами контролю, що забезпечують постійний моніторинг роботи дозаторів та рівня робочого розчину у витратній ємності.

Щит управління станції підключається до автоматичної системи управління установкою.

Станція дозування гідроксиду натрію виробництва ООО "НПО "ЕКОСОФТ" складається з:

- витратної ємності 1 м³ з пристроєм для уловлювання випаровувань реагенту;
- двох насосів-дозаторів пропорційного дозування продуктивністю 0,0065 м³/год;
- запірної арматури, трубної обв'язки, приладів КВПіА та шафи управління, поєднаною із силовою шафою.

Усе обладнання змонтовано на рамі.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

Станцію оздоблено всіма необхідними приладами контролю, що забезпечують постійний моніторинг роботи дозаторів та рівня робочого розчину у витратній ємності.

Щит управління станції підключається до автоматичної системи управління установкою.

Електрична потужність станції – 0,5 кВт.

Установка СІР-промивки мембран виробництва ООО "НПО "ЕКОСОФТ" (Україна) складається з:

- ємності 3 м³ з пристроєм для уловлювання випаровувань реагенту;
- насосу продуктивністю 60 м³/год;
- картриджного фільтру продуктивністю 60 м³/год;
- електронагрівача потужністю 18,5 кВт;
- запірної арматури, трубої обв'язки, приладів КВПіА та шафи управління, поєднаною із силовою шафою.

Усе обладнання змонтовано на рамі [19].

Установку оздоблено всіма необхідними приладами контролю.

Управління установкою здійснюється місцево.

5.3 Механічні самопромивні фільтри

На сітчастих фільтрах проводиться видалення з вихідної сирової води грубодисперсних зважених речовин, рейтинг фільтрації фільтрів 200 мікрон. Фільтри серії M104LP – це складні, але легко керовані автоматичні фільтри, обладнані механізмом самоочищення з гідроприводом.

Фільтр M104LP призначений для роботи з різними типами фільтруючих сіток, що мають ступінь фільтрації від 500 до 10 мкм. Вода надходить на крупну фільтруючу сітку через впускний патрубок і проходить через дрібну сітку зсередини назовні. «Фільтрувальний пиріг» накопичується на поверхні дрібної сітки і викликає зростаючу втрату напору. Велика сітка призначена для

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

захисту очищуючого механізму від великих часток бруду. У фільтрі M104LP процес самоочищення починається при досягненні заданого перепаду тиску на сітці або після закінчення заданого проміжку часу. Фільтруючий елемент очищається вихровим сканером, який рухається по спіралі, видаляючи «фільтрувальний пиріг» з сітки і викидаючи його через промивний клапан. Протягом процесу самоочищення, який триває від 20 до 40 секунд, очищена вода продовжує надходити споживачеві. Кількість стоків, що утворюються при промиванні фільтра, не перевищує 1% від обсягу води, що надходить на фільтрацію [20].

Обрано два механічних фільтри M104LP з продуктивністю 200 м³/год.

5.3 Розрахунок освітлювача

Склад вихідної води, мг-екв/дм³:

$$\begin{aligned} [\text{Ca}^{2+}] &= 3,2; & [\text{HCO}_3^-] &= 2,9; \\ [\text{Na}^+] &= 0,4; & [\text{NO}_3^-] &= 0; \\ [\text{Mg}^{2+}] &= 0,9; & [\text{SO}_4^{2-}] &= 15,8. \end{aligned}$$

Продуктивність установки без урахування витрати води на власні потреби освітлювача і ультрафільтраційної установки складає:

$$Q = 360 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо дозу коагулянту 0,7 мг-екв/дм³, залишкову лужність не менш 0,7 мг-екв/дм³.

Дозу вапна визначаємо за рівнянням:

$$D_{\text{в.}} = [\text{CO}_2]_{\text{в.в.}} + [\text{HCO}_3^-]_{\text{в.в.}} - [\text{HCO}_3^-]_{\text{зал.}} + D_{\text{к.}}$$

$$\text{де } [\text{CO}_2]_{\text{в.в.}} = \text{CO}_{2 \text{ в.в.}} / E_{\text{CO}_2},$$

де $\text{CO}_{2 \text{ в.в.}}$ - вміст вільної вуглекислоти у вихідній воді, мг/дм³; E_{CO_2} - еквівалентна маса CO_2 , мг-екв/моль; $D_{\text{к.}}$ - доза коагулянту, мг-екв/дм³ [9].

$$D_{\text{в.}} = 21/22 + 2,9 - 0,7 + 0,7 = 3,85 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вапном осаджується HCO_3^- у кількості :

$$[\text{HCO}_3^-]_{\text{осадж.}} = [\text{HCO}_3^-]_{\text{в.в.}} - [\text{HCO}_3^-]_{\text{зал.}},$$

$$[\text{HCO}_3^-]_{\text{осадж.}} = 2,9 - 0,7 = 2,2 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

У першу чергу з катіонів осаджується Ca^{2+} . При прийнятому дозуванні вапна кількість кальцію в оброблюваній воді дорівнює кількості кальцію у вихідній воді плюс внесене з вапном [9]:

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{вап.в.}} = [\text{Ca}^{2+}]_{\text{в.в.}} + D_{\text{в.}} = 3,2 + 3,85 = 7,05 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Кальцій осаджується у вигляді CaCO_3 , зв'язуючись з іонами HCO_3^- у кількості 2,2 мг-екв/дм³.

Залишковий вміст кальцію у вапнованій воді:

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{зал.}} = [\text{Ca}^{2+}]_{\text{вап.в.}} - [\text{HCO}_3^-]_{\text{осадж.}} = 7,05 - 2,2 = 4,85 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Вміст Na^+ і Mg^{2+} залишається незмінним.

Вміст сульфатів збільшується за рахунок дозування коагулянту FeSO_4 [9]:

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{вап.в.}} = [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{в.в.}} + D_{\text{к.}},$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{вап.в.}} = 15,8 + 0,7 = 16,5 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Вміст хлоридів у воді не змінюється.

Кількість шламу, що утвориться при вапнуванні з коагуляцією, визначається за рівнянням:

$$Q_{\text{ш.}} = C_{\text{вап.в.}} + 50 \cdot (Ж_{\text{Ca}}^{\text{в.}} + D_{\text{в.}}) + 56 \cdot \alpha_{\text{д.}} \cdot D_{\text{в.}} + 78 \cdot D_{\text{к.}},$$

де $C_{\text{зв.р.}}$ – кількість зважених речовин у вихідній воді, г/м³; $\alpha_{\text{д.}}$ – кількість домішок у вапняному молоці, що дозується (20-50 %), частки од [9].

$$Q_{\text{ш.}} = 10 + 50 \cdot (3,2 + 3,85) + 56 \cdot 0,5 \cdot 3,85 + 78 \cdot 0,7 = 419,025 \text{ г/м}^3.$$

Величина продувки освітлювача визначається за формулою:

$$p = (Q_{\text{ш.}} - C_{\text{зв.р.}}^{\text{зал.}}) \cdot 100 / 1000 / \delta_{\text{ср.}},$$

де $C_{\text{зв.р.}}^{\text{зал.}}$ – залишковий вміст зважених речовин у воді після освітлювача, г/м³; $\delta_{\text{ср.}}$ – середня концентрація зважених речовин в шламоущільнювачі, г/дм³ [9].

$$p = (419,025 - 0,5) \cdot 100 / 1000 / 27 = 1,55 \text{ \%}.$$

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Отже, із продувкою видаляється наступна кількість води:

$$V_{H_2O}^{прод.} = Q \cdot 1,1 \cdot p / 100 = 360 \cdot 1,1 \cdot 1,55/100 = 6,138 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата вапна у вигляді $\text{Ca}(\text{OH})_2$ визначається за формулою:

$$Q_{в.}^{доб.} = 24 \cdot 28,04 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot D_{в.}/1000 = 24 \cdot 28,04 \cdot 360 \cdot 1,1 \cdot 3,85/1000 = 1025,99 \text{ кг/добу.}$$

Витрата вапняного молока на добу визначається:

$$V_{в.}^{доб.} = Q_{в.}^{доб.} \cdot 100/1000/C_{в.м.}/\rho_{в.м.},$$

де $C_{в.м.}$ – масова концентрація вапняного молока, % ; $\rho_{в.м.}$ – густина вапняного молока, кг/м^3 [9].

$$V_{в.}^{доб.} = 1025,99 \cdot 100/5/1040 = 19,73 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Кількість води для приготування вапняного молока:

$$V_{H_2O}^{в.м.} = (V_{в.}^{доб.} \cdot \rho_{в.м.} - Q_{в.}^{доб.})/24 = (32,88 \cdot 1040 - 1025,99)/24 = 1382,05 \text{ кг/год} = 1,38 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата 5%-го вапняного молока на один освітлювач:

$$Q_{в.}^1 = V_{в.}^{доб.} / 24 / N,$$

де N – кількість освітлювачів, шт [9].

$$Q_{в.}^1 = 19,73/24 = 0,82 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата коагулянту визначається за формулою:

$$Q_{к.}^{доб.} = 24 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot E_{к.} \cdot q_{к.}/1000,$$

де $E_{к.}$ – еквівалентна маса безводного коагулянту FeSO_4 , г-екв/моль; $q_{к.}$ – максимально необхідна доза коагулянту, мг-екв/дм³ [9].

$$Q_{к.}^{доб.} = 24 \cdot 360 \cdot 1,1 \cdot 78 \cdot 0,7/1000 = 518,92 \text{ кг/добу.}$$

Витрата 5%-го розчину коагулянту визначається за формулою:

$$V_{к.}^{доб.} = Q_{к.}^{доб.} \cdot 100/1000/C_{к.}/\rho_{к.}$$

де $C_{к.}$ – концентрація безводного коагулянту, %; $\rho_{к.}$ – густина 5%-го розчину коагулянту, кг/м^3 [9].

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$V_{\text{к}}^{\text{доб.}} = 518,92 \cdot 100/5/1048 = 9,90 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Кількість води для приготування розчину коагулянту:

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{к}} = (V_{\text{к}}^{\text{доб.}} \cdot \rho_{\text{к.}} - Q_{\text{к}}^{\text{доб.}})/24 = (9,9 \cdot 1048 - 518,92)/24 = 410,67 \text{ кг/год} = 0,41 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата 5%-го розчину коагулянту на один освітлювач [9]:

$$V_{\text{к.}}^1 = V_{\text{к.}}^{\text{доб.}} / 24 / N,$$

$$V_{\text{к.}}^1 = 9,9/24 = 0,41 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарна витрата води на власні потреби освітлювача:

$$V_{\text{в.н.}}^{\text{осв.}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{прод}} + V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{в.м.}} + V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{к}} = 6,14 + 1,38 + 0,41 = 7,93 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для забезпечення заданої продуктивності приймається до установки один освітлювач ВТІ-400І, продуктивністю 400 м³/год, і один резервний.

5.4 Розрахунок допоміжного обладнання освітлювача

Вибір вапногасилки здійснюється за кількістю сухого СаО, необхідного для підлужування. У відділенні готування вапняного молока встановлюється одну механічну лопатеву вапногасилку С-322, продуктивністю 1 т/год по вапну кипілки, з електродвигуном потужністю 4,5 кВт.

Вибір гідроциклону здійснюється за годинною витратою вапняного молока: $19,73/24 = 0,82 \text{ м}^3/\text{год}$. Приймається до установки один гідроциклон, продуктивністю 8 м³/год.

Об'єм розчину Са(ОН)₂: $V = 0,438 \cdot 12 \cdot 1,3 = 6,83 \text{ м}^3$. Отже, встановлюється одну циркуляційну мішалку вапняного молока об'ємом 8 м³.

Добова витрата коагулянту становить: $V_{\text{к}}^{\text{доб.}} = 0,41 \cdot 24 = 9,84 \text{ м}^3/\text{добу.}$

$$V_6 = V_{\text{к}}^{\text{доб.}} \cdot 1,3 = 9,84 \cdot 1,3 = 12,79 \text{ м}^3.$$

Отже встановлюється один видатковий бак для 5 %-ого розчину коагулянту об'ємом 13 м³ і один резервний бак об'ємом 13 м³, що може бути використаний, як розчинний, так і видатковий.

На освітлювач необхідно подавати по 0,82 м³/год вапняного молока.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

Приймається до установки насос-дозатор вапняного молока типу НД1000/10, продуктивністю 1 м³/год, напір нагнітання 100 м вод. ст. з електродвигуном ВАО-21-4, потужністю 1,1 кВт, а також один резервний.

На освітлювач необхідно подавати по 0,41 м³/год розчину коагулянту. Приймається до установки насос-дозатор розчину коагулянту типу НД630/16, продуктивністю 0,63 м³/год, напір нагнітання 160 м вод. ст. з електродвигуном ВАО-21-4, потужністю 1,1 кВт, кількість насосів один, а також один резервний.

5.5 Розразунок насосу вихідної води

Насос повинен подати 400 м³/год води в теплообмінник. Напір насоса проясненої води повинний бути більше розрахованих втрат напору в тракті, що складаються з:

- висоти підйому й усмоктування, м вод. ст.....7;
- опору на вході в теплообмінник, м. вод. ст.....12;
- втрати в шайбах витратомірів, м вод. ст.....1,5;
- втрати напору в трубопроводах, м вод. ст.....4.

Сумарні втрати напору становлять 24,5 м вод. ст. = 0,24 МПа.

Приймають до установки насос типу Х500/37, Q = 500 м³/год, Н = 37 м вод. ст. з електродвигуном АО2-92-4 потужністю 100 кВт.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Сучасні умови існування хімічної промисловості вимагають постійного модернізування виробництв. Цей процес є неможливим без часткової або повної автоматизації.

Впровадження автоматизації забезпечує збільшення кількості, покращення якості та зниження собівартості виготовленої продукції, за рахунок зменшення чисельності працівників та скорочення витрат на заміну обладнання.

Процеси очищення води є складними, вони вимагають потужного обладнання та оперують великою кількістю параметрів.

Метою даного розділу дипломного проекту є автоматизація схеми очищення води з використанням установки ультрафільтрації з метою покращення якості продукту, зменшення витрат сировини та енергії а також скорочення кількості браків та відходів.

6.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації

На підставі аналізу технологічного процесу постають наступні задачі автоматизації:

- контроль температури вихідної води;
- контроль витрати вихідної води;
- контроль та регулювання рівня води в освітлювачі;
- контроль рН вапнованої води;
- контроль та регулювання перепаду тиску на ультрафільтраційних мембранах;
- контроль рівня очищеної води у баках;
- контроль концентрації реагентів для промивання мембран УУФ.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Параметри регулювання та контролю виробництва наведені у таблиці 6.1

Таблиця 6.1 - Параметри регулювання та контролю виробництва

№	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Трубопровід 1а	Температура	40±1 °С	Контроль, регулювання
2	Трубопровід 1а	Витрата	360 м ³	Контроль, регулювання
3	Освітлювач	Рівень	5...5,5 м	Контроль, регулювання, сигналізація
4	Трубопровід 1а	рН	2...11	Контроль
5	Ультрафільтраційні мембрани	Перепад тиску	до 2 МПа	Контроль, сигналізація
6	Бак вапнової води	Рівень	4 м	Контроль, регулювання, сигналізація
7	Бак очищеної води	Рівень	4 м	Контроль, сигналізація
8	Трубопровід 12	Концентрація НСІ	35 %	Контроль
9	Трубопровід 13	Концентрація NaOH	99,5 %	Контроль
10	Трубопровід 29	Концентрація NaOCl	15 %	Контроль

6.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих людських помилок, контролю, реєстрації та регулювання

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54

технологічних параметрів розроблено схему автоматизації.

Для контролю та регулювання витрати води в трубопроводі 1а розроблено контури 1, 3 та 8, що складаються з первинних перетворювачів витрати (1-1, 3-1, 8-1), проміжних перетворювачів (1-2, 3-2, 8-2), приладів вторинного показувальних, реєструвальних (1-3, 3-3, 8-3), регулювальних блоків (1-4, 3-4, 8-4), перетворювачів електропневматичних (1-5, 3-5, 8-5, 8-7, 8-9, 8-11, 8-13) та виконавчих механізмів (1-6, 3-6, 8-6, 8-8, 8-10, 8-12, 8-13).

Для контролю температури в трубопроводі 1а розроблено контур 2. Він складається з термоперетворювача опору (поз. 2-1), вторинного показувального та реєструвального приладу (поз. 2-2), блоку регулювального електричного (поз. 2-3), перетворювача електропневматичного (поз. 2-4) та механізму виконавчого пневматичного (поз. 2-5).

Контур 4 застосовують для контролю рівня води в освітлювачі, що складається з первинного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (поз. 4-1), проміжного перетворювача акустичного рівнеміра (поз. 4-2), вторинного показувального пристрою з вбудованим пристроєм сигналізації (поз. 4-3), мікропроцесорного регулятора (поз. 4-4) та виконавчого електричного механізму (поз. 4-5).

Для контролю рН в трубопроводі 1а розроблено контур 5. Він складається з чутливого елемента рН-метра (поз. 5-1), перетворювача високоомного (поз. 5-2), показувального приладу (поз. 5-3).

Контур 7 застосовують для контролю перепаду тиску на ультрафільтраційних мембранах, що складається з мікропроцесорного тензодатчика різниці тисків (поз. 7-1), вторинного показувального та реєструвального приладу (поз. 7-2) та нормувального перетворювача (поз. 7-3).

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Контури 6, 12 та 13 застосовують для контролю, регулювання та сигналізації рівня у баках вапнованої та очищеної води, що складаються з первинних вимірювальних перетворювачів акустичного рівнеміра (поз. 6-1, 12-1, 13-1), проміжних перетворювачів акустичного рівнеміра (поз. 6-2, 12-2, 13-2), вторинних показувальних пристроїв з вбудованими пристроями сигналізації (поз. 6-3, 12-3, 13-3), мікропроцесорного регулятора (поз. 6-4, 12-4), виконавчого механізму пневматичного (поз. 6-5), електричного виконавчого механізму (поз. 12-5).

Для контролю концентрації реагентів для промивання мембран створено контури 9, 10, 11, що складаються з первинного перетворювача кондуктометричного аналізатора рідини (поз. 9-1, 10-1, 11-1), вторинного реєструвального та показувального приладу (поз. 9-2, 10-2, 11-2) та нормувального перетворювача (поз. 9-3, 10-3, 11-3).

Специфікацію устаткування, приладів та електроапаратів, яка містить використані в схемі технічні засоби, наведено в додатку А [10].

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

7 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Обґрунтувати доцільність існування певного відділу підприємства дають змогу економіко-організаційні розрахунки.

Відділення очищення води методом ультрафільтрації являє собою реконструкцію відділу попереднього очищення води. Технологічний процес складається з наступних основних операцій занесених до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Тривалість операцій технологічного процесу

№ п/п	Операція	Час, хв.
1	Перекачування води з р. Дніпро до теплообмінника	15
2	Нагрівання води в теплообміннику	10
3	Приготування розчину коагулянту	10
4	Приготування вапняного молока	10
5	Введення підігрітої води в освітлювач	50
6	Дозування реагентів в освітлювач	50
7	Освітлення води	50
8	Видалення шламу з освітлювача	10
9	Ультрафільтрація	20
10	Наповнення баку очищеної води	10

Допоміжні процеси (промивання мембран, дозування реагентів для промивки) та контроль якості не внесені до розрахунку виробничого циклу.

ВРПП очищення води за допомогою методу ультрафільтрації зображено на рисунку 7.1.

Задана продуктивність для даного виробництва 360 м³/год. При безперервному виробництві використовується змішаний ВРПП. Він забезпечує необхідну продуктивність без введення додаткової виробничої лінії.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

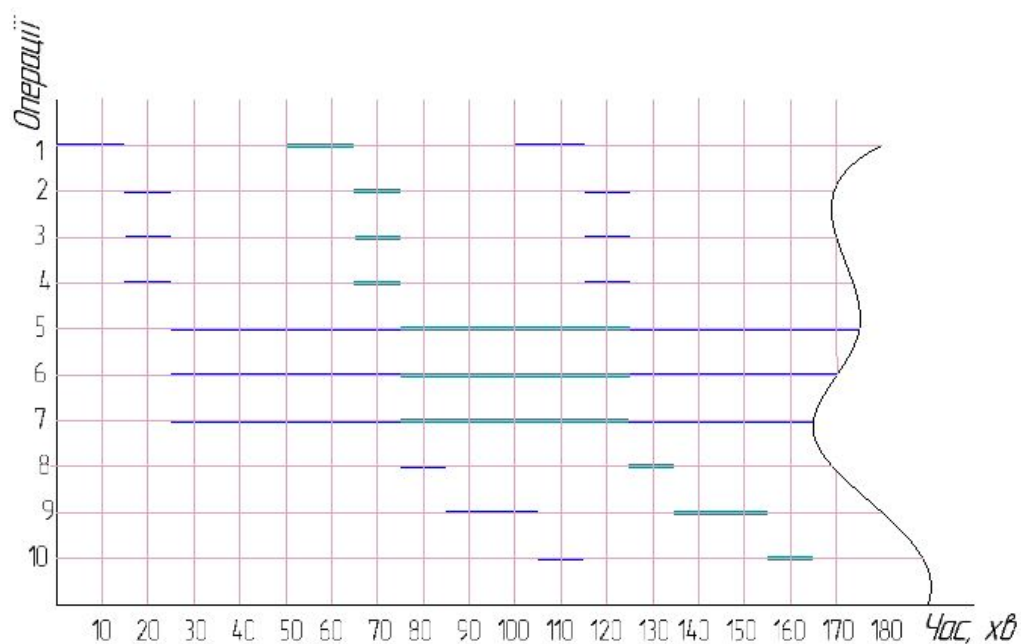


Рисунок 7.1 – ВРПП відділення попереднього очищення води

Відділення працює 365 днів на рік, 7 днів на тиждень. Тривалість зміни 8 годин. Тривалість роботи відділу за рік складає 8760 год.

Тривалість виробничого циклу (фактична):

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}} = T_{\text{ВЦ}} + T_{\text{ДО}} + T_{\text{перерв}}, \quad (7.1)$$

де $T_{\text{ВЦ}}$ – тривалість виробничого циклу; $T_{\text{ДО}}$ – тривалість допоміжних операцій (не враховуються):

$$T_p = 1440 + 0 = 1440 \text{ хв} = 24 \text{ год.}$$

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{СР}} = \frac{24 \cdot D_k}{T_p \cdot D_p} \cdot T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}}, \quad (7.2)$$

де 24 – кількість годин у добі; D_k – кількість календарних днів у році; T_p – тривалість роботи підприємства за добу, год; D_p – кількість робочих днів протягом року [11].

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{СР}} = \frac{24 \cdot 365}{24 \cdot 365} \cdot 24 = 24 \text{ год.}$$

Продуктивність відділення складає 360 м³/год. За рік підприємство планово випускає води очищеної:

$$V^{\text{рік}} = n_{\text{доб}} \cdot D_p, \quad (7.3)$$

де D_p – кількість робочих днів протягом року; $n_{\text{доб}}$ – кількість продукції, що випускається на добу, м³:

$$V^{\text{рік}} = 8640 \cdot 365 = 3\,153\,600 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}.$$

Кількість одиниць обладнання наведена в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Кількість одиниць обладнання та їх вартість

№	Назва апарату	Кількість одиниць	Вартість одиниці, грн.	Вартість сумарна, грн.
1	Теплообмінник	1	20 385	20 385
2	Освітлювач	2	42 300	84 600
3	Реагентне господарство	1	410 000	410 000
4	Станція СІР та СЕВ промивок	1	32 400	32 400
5	Установка ультрафільтрації	1	2 345 000	2 345 000
6	Баки для води	3	4 500	13 500
7	Насос	4	10 000	40 000
	Всього			2 955 885

7.1 Організаційна структура відділення попереднього очищення води

Посади та схема підпорядкування цеху зображено на рисунку 7.2.

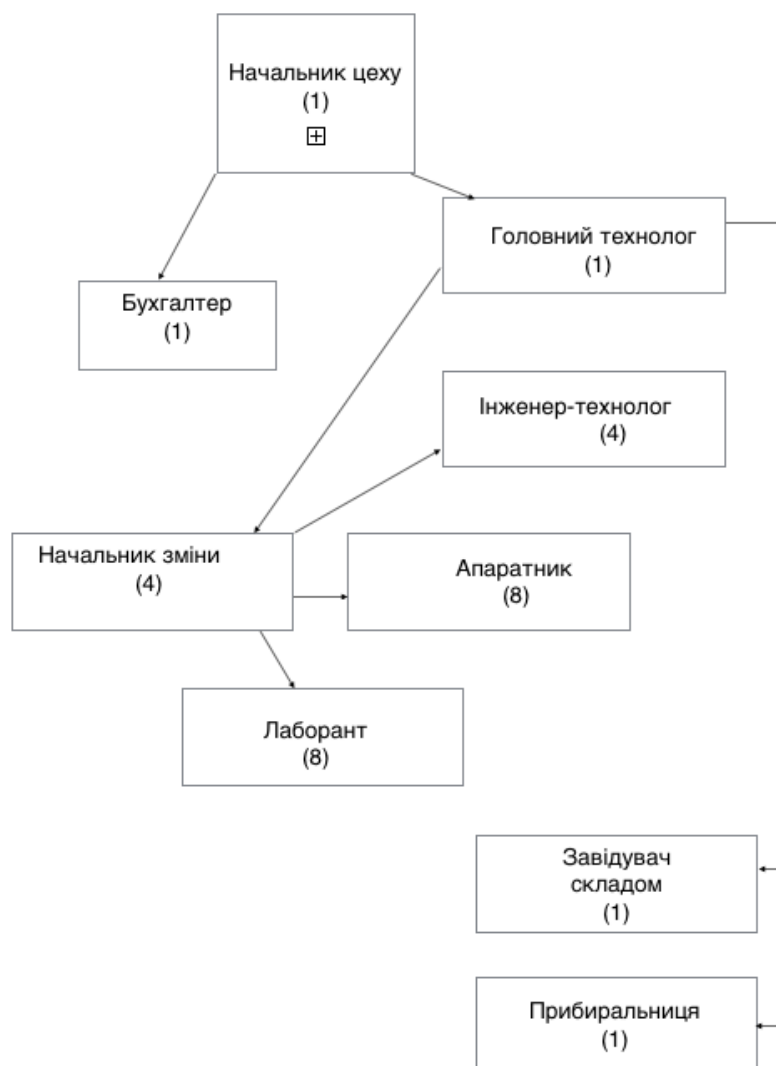


Рисунок 7.2 – Організаційна структура відділення

Чисельність персоналу визначається наступними особливостями. Явочна чисельність персоналу – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об’єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства протягом робочої зміни.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ХН 3107 1440 000 ПЗ

Арк.

60

Підприємство має тризмінний режим роботи, тривалість зміни 8 годин, 7 днів на тиждень. Начальник цеху, бухгалтер, головний технолог, прибиральниця та завідуючий складом працюють 5 днів на тиждень, тривалість робочого дня – 8 годин (9:00-17:00). Для лаборанта, начальника зміни, апаратника, інженера-технолога робочий тиждень: режим роботи у три зміни, тривалість зміни 8 годин. В одну зміну виходять 2 лаборантів, 1 начальник зміни, 2 апаратники, 1 інженер-технолог.

Чисельність за списком – потреба підприємства у працівниках, яка крім явочної чисельності включає додатково необхідну кількість персоналу для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин. Тому чисельність за списком розраховується:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot K_{\text{перерах.}}, \quad (7.4)$$

$$K_{\text{перерах.}} = \frac{T_{\text{відділу}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}}, \quad (7.5)$$

де $T_{\text{відділу}}^{\text{рік}}$ – річна тривалість роботи підприємства в годинах; $T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}$ – річна тривалість роботи працівника з урахуванням вихідних, святкових, хвороб, відпусток в годинах; $K_{\text{перерах.}}$ – коефіцієнт перемінності персоналу [11].

$$T_{\text{прац.}}^{\text{рік}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}}^* - 1) \cdot 1 = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год.}$$

де $T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}$ – тривалість роботи працівника за рік.

Кількість бригад:

$$N_{\text{бриг}} = \frac{T_{\text{підпр}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = \frac{8760}{2016} = 4,3 \approx 4.$$

Відділу необхідно 4 бригади працівників для забезпечення заданої продуктивності.

Робочі зміни: 6:00-14:00; 14:00-22:00; 22:00-6:00.

Графік змінності підприємства наведений у таблиці 8.5.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

Таблиця 7.4 – Графік змінності 4-ьох бригад на підприємстві, що працює цілодобово в 3 зміни

Тривалість змінообороту 16 днів.

$$T_{\text{прац.}}^{\text{рік}} = \frac{365}{T_{\text{зм.об.}}} \cdot (T_{\text{зм.об.}} - T_{\text{вихідн.}}) \cdot T_{\text{зміни}},$$

$$T_{\text{прац.}}^{\text{рік}} = \frac{365}{16} \cdot (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год.}$$

Чисельність працівників за списком:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot K_{\text{перерах.}};$$

$$K_{\text{перерах.}} = \frac{T_{\text{відділу}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = \frac{8760}{2190} = 4.$$

Чисельність виробничого персоналу за списком:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{п-ва}}}{T_{\text{прац}}} = 18 \cdot \frac{8760}{3 \cdot 2190} = 24 \text{ осіб.}$$

Чисельність керуючого та обслуговуючого персоналу за списком:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{п-ва}}}{T_{\text{прац.факт}}} = 5 \cdot \frac{2016}{1 \cdot 2016} = 5 \text{ осіб.}$$

Річну фактичну тривалість роботи лаборанта, начальника зміни, механіка, інженера-технолога за нормальних умов праці складає:

$$T_{\text{рік факт}}^{\text{прац}} = \frac{365}{T_{\text{зм.обор}}} \cdot (T_{\text{зм.обор}} - T_{\text{вих}}) \cdot t_{\text{зм}},$$

де $T_{\text{зм.обор}}$ - тривалість змінообороту, дні; $T_{\text{вих}}$ - кількість днів відпочинку в змінообороті; $t_{\text{зм}}$ – тривалість робочої зміни, год [11].

$$T_{\text{рік факт}}^{\text{прац}} = \frac{365}{16} \cdot (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год.}$$

$$T_{\text{перепрац}} = 2190 - 2016 = 174 \text{ год/рік.}$$

Річна фактична тривалість роботи начальника цеху, бухгалтера, головного технолога, завідуючого складом та прибиральниці становлять:

$$T_{\text{п-ва}}^{\text{прац.}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}} - 1);$$

$$T_{\text{вир факт}}^{\text{н.у.}} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) = 2016 \text{ год.}$$

$$T_{\text{перепрац}} = 2016 - 2016 = 0 \text{ год/рік}$$

Перепрацювання кожного з працівників, що працюють позмінно – 174 год/рік., працівників, які працюють з 8:00 до 17:00 5 днів на тиждень – 0 днів, що враховано при нарахуванні заробітної плати.

7.2 Порядок технічного контролю на виробництві

Об'єктами технічного контролю є:

- сировина і матеріали;
- напівфабрикати власного виготовлення;
- технологічний процес;
- транспортування;
- допоміжні процеси.

На даному підприємстві суб'єктами технологічного контролю є: керуючий персонал і головний інженер-технолог.

Всі види контролю якості проводять лаборанти. На всіх етапах контролю оформлюються вихідні журнали: вхідного, поточного і заключного контролю.

Вхідний контроль - це контроль обладнання, супутніх матеріалів та сировини. Контроль сировини проводиться на рН та крупні забруднення.

Поточний контроль включає аналіз проб води, після кожного ступеню очищення. Воду аналізують як в ручному режимі так і автоматично хімічні показники: рН, температуру, вміст завислих домішок та інші.

Заключний контроль проводиться після проходження всіх стадій очищення. Перевіряють відповідність показників значенням, що дозволяють відправляти воду на подальшу обробку або вже використання. За результатами вхідного контролю оформлюють паспорт якості.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		63

7.3 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва

До оборотних фондів даного виробництва належать:

1. Сировина: вода; реагенти для освітлення та промивання мембран УУФ.

2. Електроенергія.

Витрати на сировину занесено в таблицю 7.5.

Таблиця 7.5 - Сумарні витрати на сировину на річний випуск продукції

Сировина	Ціна	Кількість на рік	Вартість, грн./рік
Вода	1,16 грн./м ³	3 153 600	3 658 176
Коагулянт купорос залізний технічний ГОСТ 6981-54	1800 грн./т	189 т	340 930
Вапно будівельне повітряне негашене ГОСТ 9179-70	900 грн./т	375 т	337 038
Гідроксид натрію	200 грн./кг	0,146 кг	30
Соляна кислота	5 000 грн./кг	1,97 кг	9739
Гіпохлорид натрію	40 грн./кг	1 401 кг	56 040
Всього			4 401 953

Розрахунок витрати електроенергії підприємства за регульованими тарифами наведено в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Витрати електроенергії

Показник	Розмірність	Величина
Середня потужність обладнання	кВт/год	1500
Ціна за 1 кВт:		
денний час ($7^{00} - 23^{00}$)	грн.	1,8
нічний час ($23^{00} - 7^{00}$)	грн.	0,35
Вартість електроенергії:		
на добу	грн./добу	47 400
за рік	грн./рік	17 301 000

Розрахунок вартості електроенергії:

$$(1500 \cdot 16 \cdot 1,8) + (1500 \cdot 8 \cdot 0,35) = 47\,400 \text{ грн./добу};$$

$$47\,400 \cdot 365 = 17\,301\,000 \text{ грн./рік.}$$

До оборотних засобів даного виробництва належать:

1. Сировина.
2. Електроенергія.
3. Заробітна плата
4. Виплати на охорону об'єкта за допомогою засобів охоронної сигналізації.

Таблиця 7.7 – Витрати на заробітну плату

Посада	Кількість робітників	Заробітна плата, грн./міс	Всього, грн./міс
Керівник цеху	1	11 000	11 000
Головний технолог	1	8 500	8 500
Бухгалтер	1	6 000	6 000
Інженер-технолог	4	5 000	20 000
Бригадир	4	4 000	16 000
Апаратник	8	3 400	27 200
Лаборант	8	3 300	26 400
Завідувач складом	1	4 200	4 200
Прибиральниця	1	3 200	3 200
Всього			122 500

Фонд оплати праці разом з нарахуванням у розмірі 22 % за рік складає:
 $\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарах},$

$$\text{ФОП} = 122\,500 \cdot 12 \cdot 1,22 = 1\,793\,400 \frac{\text{грн.}}{\text{рік}}.$$

Таблиця 7.8 - Сукупні витрати по виробництву

Статті затрат	Затрати на річний випуск грн./рік
Сировина	4 401 953
Електроенергія	17 301 000
ФОП	1 793 400
Виплата на охорону	70 000
Всього	23 566 353

Таблиця 7.9 – Вартість основних фондів підприємства та їх амортизації

Назва	Вартість, грн./рік	Амортизація, грн./рік
Будівля	1 000 000	50 000
Обладнання	2 955 885	591 177
ЕОМ	300 000	150 000
Нематеріальні активи	200 000	16 667
Виробничий та господарський інвентар	20 000	5 000
Всього	4 475 885	812 844

7.4 Розрахунок техніко-економічних показників

Річна собівартість продукції:

$$C = \text{ОБЗ} + A = 23\,566\,353 + 812\,844 = 24\,379\,197 \text{ грн./рік.}$$

Собівартість 1 м^3 води очищеної:

$$C_{\text{одн}} = 24\,379\,197 / 3\,153\,600 = 7,73 \text{ грн./м}^3.$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОЗ} + \text{ОБЗ} = 4\,475\,885 + 23\,566\,353 = 28\,042\,238 \text{ грн.}$$

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 7.10 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Капіталовкладення	28 042 238 грн.
Собівартість	7,73 грн./м ³
Чисельність явочна	18 осіб
Чисельність за списком	29 особи
Прибуток	0
Рентабельність	0

Прибуток і рентабельність рівні 0, так як очищена вода використовується в межах одного підприємства і є сировиною для подальшої обробки.

Висновок: у даному розділі було розраховано собівартість очищеної води 7,73 грн./м³ при капіталовкладенні 28 042 238 грн.

7.5 Індивідуальне завдання

Сучасна хімічна технологія вимагає модернізації обладнання, автоматизації процесів, покращення сировини та зменшення кількості відходів. Одним зі шляхів досягнення всіх цих пунктів є реконструкції існуючих цехів з метою подальшого виведення застарілої техніки.

Метою даного завдання є розрахунок економічного ефекту від впровадження сучасного способу очищення води – ультрафільтрації.

Для цього необхідно розрахувати техніко-економічні показники до реконструкції цеху попереднього очищення води та порівняти їх з новими.

Ультрафільтрація в даній технологічній схемі замінює багатоступінчате освітлення на механічних фільтрах.

Основні операції процесу наведено в таблиці 7.11.

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		67

Допоміжні процеси (приготування розчинів для регенерації, для розведення стоків, промивку фільтрів) та контроль якості в розрахунок виробничого циклу не включено.

Таблиця 7.11 – Основні операції відділення попереднього очищення

№	Операція	Час, t_i , хв.
1	Перекачування води з р. Дніпро до теплообмінника	15
2	Нагрівання води в теплообміннику	10
3	Приготування розчину коагулянту	10
4	Приготування вапняного молока	10
5	Введення підігрітої води в освітлювач	50
6	Дозування реагентів в освітлювач	50
7	Освітлення води	50
8	Видалення шламу з освітлювача	10
9	Очищення води на механічному освітлювальному фільтрі	60
10	Видалення шламу з механічного освітлювального фільтра	10

При використанні механічних фільтрів замість ультрафільтрації зменшується продуктивність на 34 %. Для забезпечення необхідної продуктивності необхідно вводити нові одиниці обладнання.

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{СР}} = \frac{24 \cdot D_{\text{к}}}{T_{\text{р}} \cdot D_{\text{р}}} \cdot T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}},$$

де 24 – кількість годин у добі; $D_{\text{к}}$ – кількість календарних днів у році; $T_{\text{р}}$ – тривалість роботи підприємства за добу, год; $D_{\text{р}}$ – кількість робочих днів протягом року.

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{СР}} = \frac{24 \cdot 365}{24 \cdot 365} \cdot 24 = 24 \text{ год.}$$

Продуктивність відділення складає 360 м³/год. За рік підприємство планово випускає води очищеної:

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		68

$$V^{\text{рік}} = n_{\text{доб}} \cdot D_p,$$

де D_p – кількість робочих днів протягом року; $n_{\text{доб}}$ – кількість продукції, що випускається на добу, м^3 :

$$V^{\text{рік}} = 8640 \cdot 365 = 3\,153\,600 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}.$$

Обладнання даного процесу занесено в таблицю 7.12

Таблиця 7.12 - Кількість одиниць обладнання та їх вартість

№	Назва апарату	Кількість одиниць	Вартість одиниці, грн.	Вартість сумарна, грн.
1	Теплообмінник	2	20 385	40 770
2	Освітлювач	3	550 000	1 650 000
3	Реагентне господарство	1	670 000	670 000
4	Механічний фільтр	7	56 000	392 000
6	Баки для води	9	25 500	229 500
7	Насос	10	10 000	100 000
	Всього			3 082 270

7.5.1 Організаційна структура відділення попереднього очищення води

Посади та схема підпорядкування цеху зображено на рисунку 7.4.

Чисельність персоналу визначається наступними особливостями.

Явочна чисельність персоналу – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об'єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства протягом робочої зміни.

Підприємство має тризмінний режим роботи, тривалість зміни 8 годин, 7 днів на тиждень.

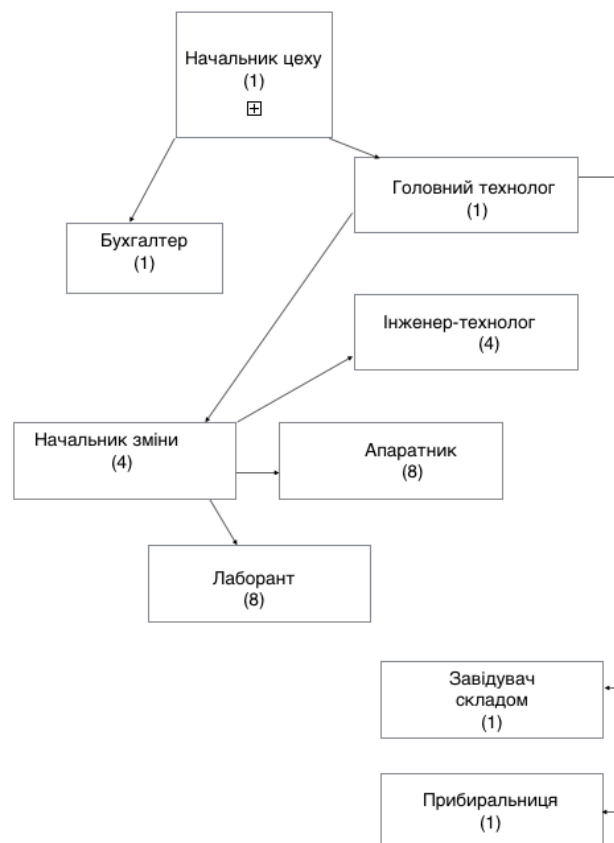


Рисунок 7.3 – Організаційна структура відділення

Чисельність за списком – потреба підприємства у працівниках, яка крім явочної чисельності включає додатково необхідну кількість персоналу для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин. Тому чисельність за списком розраховується:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot \text{К}_{\text{перерах.}};$$

$$\text{К}_{\text{перерах.}} = \frac{\text{T}_{\text{відділу}}^{\text{рік}}}{\text{T}_{\text{прац.}}^{\text{рік}}};$$

де $\text{T}_{\text{відділу}}^{\text{рік}}$ – річна тривалість роботи підприємства в годинах; $\text{T}_{\text{прац.}}^{\text{рік}}$ – річна тривалість роботи працівника з урахуванням вихідних, святкових, хвороб, відпусток в годинах; $\text{К}_{\text{перерах.}}$ – коефіцієнт перемінності персоналу.

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}}^* - 1) \cdot 1 = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год.}$$

де $T_{\text{прац}}^{\text{рік}}$ – тривалість роботи працівника за рік.

Кількість бригад:

$$N_{\text{бриг}} = \frac{T_{\text{підпр}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{рік}}} = \frac{8760}{2016} = 4,3 \approx 4.$$

Відділу необхідно 4 бригади працівників для забезпечення заданої продуктивності.

Робочі зміни: 6:00-14:00; 14:00-22:00; 22:00-6:00.

Графік змінності підприємства наведений у таблиці 7.13.

Таблиця 7.13 – Графік змінності 4-ьох бригад на підприємстві, що працює цілодобово в 3 зміни

Тривалість змінообороту 16 днів.

$$T_{\text{прац.}}^{\text{рік}} = \frac{365}{T_{\text{зм.об.}}} \cdot (T_{\text{зм.об.}} - T_{\text{вихідн.}}) \cdot T_{\text{зміни}},$$

$$T_{\text{прац.}}^{\text{рік}} = \frac{365}{16} \cdot (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год.}$$

Чисельність працівників за списком:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot K_{\text{перерах.}};$$

$$K_{\text{перерах.}} = \frac{T_{\text{відділу}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = \frac{8760}{2190} = 4.$$

$$Ч_{\text{сп}} = 6 \cdot 4 + 5 = 29 \text{ осіб.}$$

7.5.2 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		71

До оборотних фондів даного виробництва належать:

1. Сировина: вода; реагенти для освітлення та промивання мембран.
2. Електроенергія.

Витрати на сировину занесено в таблицю 7.14.

Таблиця 7.14 - Сумарні витрати на сировину на річний випуск продукції

Сировина	Ціна	Кількість на рік	Вартість, грн./рік
Вода	1,16 грн./м ³	3 153 600 м ³	3 658 176
Вода для реагентного господарства	1,16 грн./м ³	5 000 м ³	5 800
Коагулянт купорос залізний технічний ГОСТ 6981-54	1800 грн./т	189 т	340 930
Вапно будівельне повітряне негашене ГОСТ 9179-70	900 грн./т	375 т	337 038
Поліакриламід (ПАА)	35 000 грн./т	4 т	140 000
Невраховані витрати (5 %)			224 098
Всього			4 706 042

Розрахунок витрати електроенергії підприємства за регульованими тарифами наведено в таблиці 7.15.

Таблиця 7.15 – Витрати електроенергії

Показник	Розмірність	Величина
Середня потужність обладнання	кВт/год	1 700
Ціна за 1 кВт: денний час (7 ⁰⁰ – 23 ⁰⁰) нічний час (23 ⁰⁰ – 7 ⁰⁰)	грн. грн.	1,8 0,35
Вартість електроенергії: на добу за рік	грн./добу грн./рік	53 720 19 607 800

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок вартості електроенергії:

$$(1700 \cdot 16 \cdot 1,8) + (1700 \cdot 8 \cdot 0,35) = 53\,720 \text{ грн./добу};$$

$$53\,720 \cdot 365 = 19\,607\,800 \text{ грн./рік.}$$

До оборотних засобів даного виробництва належать: сировина, електроенергія, заробітна плата, виплати на охорону об'єкта за допомогою засобів охоронної сигналізації.

Таблиця 7.16 – Витрати на заробітну плату

Посада	Кількість робітників	Заробітна плата, грн./міс	Всього, грн./міс
Керівник цеху	1	11 000	11 000
Головний технолог	1	8 500	8 500
Бухгалтер	1	6 000	6 000
Інженер-технолог	4	5 000	20 000
Бригадир	4	4 000	16 000
Апаратник	8	3 400	27 200
Лаборант	8	3 300	26 400
Завідувач складом	1	4 200	4 200
Прибиральниця	1	3 200	3 200
Всього			122 500

Фонд оплати праці разом з нарахуванням у розмірі 22 % за рік складає:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарах},$$

$$\text{ФОП} = 122\,500 \cdot 12 \cdot 1,22 = 1\,793\,400 \frac{\text{грн.}}{\text{рік}}.$$

Таблиця 7.17 - Сукупні витрати по виробництву

Статті затрат	Затрати на річний випуск грн./рік
Сировина	4 706 042
Електроенергія	19 607 800
ФОП	1 793 400
Виплата на охорону	70 000
Всього	26 216 770

Таблиця 7.18 – Вартість основних фондів підприємства та їх амортизації

Назва	Вартість, грн./рік	Амортизація, грн./рік
Будівля	1 000 000	50 000
Обладнання	3 082 270	616 454
ЕОМ	300 000	150 000
Нематеріальні активи	200 000	16 667
Виробничий та господарський інвентар	20 000	5 000
Всього	4 602 270	838 121

7.5.3 Розрахунок техніко-економічних показників

Річна собівартість продукції:

$$C = O\text{бз} + A = 26\,216\,770 + 838\,121 = 27\,054\,891 \text{ грн./рік.}$$

Собівартість 1м^3 води очищеної:

$$C_{\text{одн}} = 27\,054\,891 / 3\,153\,600 = 8,57 \text{ грн./м}^3.$$

Капіталовкладення:

$$K = O\text{з} + O\text{бз} = 26\,216\,770 + 4\,602\,270 = 30\,819\,040 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від введення нової техніки:

$$E = Z_1 - Z_2,$$

де Z_1, Z_2 – витрати на виготовлення одиниці продукції до введення нової техніки і після.

$$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1 = 8,57 + 0,15 \cdot 30\,819\,040 = 4\,622\,864,57 \text{ грн./рік;}$$

$$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2 = 7,74 + 0,15 \cdot 26\,758\,222 = 4\,013\,741,04 \text{ грн./рік.}$$

$$E = 4\,622\,864,57 - 4\,013\,741,04 = 609\,123,53 \text{ грн./рік.}$$

Отже економічний ефект від впровадження установки ультрафільтрації складатиме 609 123,53 грн./рік.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

У відділенні розглянутому в даному дипломному проекті використовуються шкідливі й небезпечні виробничі фактори, до складу яких входять: агресивні речовини, пожежонебезпечні матеріали та речовини, електроенергія, механічна, теплова енергії, енергія хімічних реакцій. До небезпечного обладнання можна віднести: апарати під тиском, обладнанні аерозолобами, електричної та механічної дії.

При проектуванні виробництва прийняті проектні рішення, які відповідають вимогам охорони праці та пожежної профілактики. Відповідно до вимог стандартів вжито відповідні заходи для створення у виробничих приміщеннях оптимальних умов праці та пожежної безпеки.

8.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці

8.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042–99 робимо висновок, що роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості Іа. У таблиці 8.1 наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату, прийняті проектом.

Таблиця 8.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату робочої зони [13]

У цеху водопідготовки передбачається використання агресивних та шкідливих речовин, тому в таблиці 8.2 представлено коротку санітарну характеристику цеху.

Деякі з речовин можуть бути у вигляді пилу. Шкідлива дія пилу може проявитися у вигляді механічних пошкоджень шкіри, слизової оболонки,

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

дихальних шляхів, очей, легенів, а також у вигляді токсичної (отруйної) і хімічної дії.

Для захисту персоналу від пилу введені індивідуальне захисне оснащення: застосування протипилого одягу, респіраторів, захисних окулярів, марлевих пов'язок, протигазів.

Для нормалізації повітря робочої зони проектом передбачено використання системи штучної вентиляції. Природний обмін повітря здійснюється за допомогою вікон.

Для нормалізації мікроклімату застосовуємо змішану загальнообмінну вентиляцію, для рівномірного повітрообміну. Місцева вентиляція служить для подачі свіжого повітря до робочого місця. Аерація – передбачена для видалення забрудненого повітря з місця його утворення.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		76

Таблиця 8.2 – Коротка санітарна характеристика цеху [14]

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини, що використовуються в цеху	Група шкідливої речовини,	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
1	2	3	4	5	6	7	8
Хімічний цех	Луг NaOH		0,5	II	Спеціальний одяг, ГОСТ 27574 або ГОСТ 27575; захисні окуляри, тип Г по ГОСТ 12.4.013; гумові рукавиці, тип В, ГОСТ20010; черевики типу В, ГОСТ 12.4.137; Респіратор РУ-60М, УК-2, РП-К ГОСТ 12.4.103-80; каски, ГОСТ 12.4.087-84	Негайно зняти його сухою ганчіркою чи ватою; промити шкіру або очі великою кількістю води; нейтралізувати шкіру 5%-им розчином оцтової (борної) кислоти, а очі – 2 %-им розчином оцтової кислоти.	Гравіметричний та санітарно-хімічний, 1 раз на місяць
	HCl		5	II		При попаданні бризок кислоти в очі, їх промивають проточною водою, а потім 2%-им розчином бікарбонату натрію.	

Для підвищення ефективності вентиляційних систем передбачена герметизація всього технологічного обладнання та укриття місць пилотирування із пристроєм місцевих відсмоктувачів.

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Передбачено аварійну вентиляцію (тільки витяжна), призначена для швидкого видалення великих кількостей шкідливих та вибухонебезпечних речовин, а також забрудненого пилом повітря, що виникає при порушеннях технологічного процесу або аваріях технологічного обладнання.

Для контролю мікроклімату використовуються: термометри, психрометри.

8.1.2 Розрахунок аерації цеху

Конструкція стулки віконного прорізу - одинарна підвісна. Висота й довжина стулки рівні, кут відкриття стулки $\alpha = 45^\circ$. Ліхтар П-подібний із фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які перебувають на відносній відстані $l/h = 1,5$, з кутом відкриття $\alpha = 90^\circ$. Визначаємо температуру повітря, що видаляється з верхньої частини приміщення:

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{зовн}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{рз}}}{m}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $t_{\text{зовн}}$ – температура зовнішнього повітря, для Києва в теплий період $t = 23,5 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t_{\text{вн}}$ – температура внутрішнього повітря; $t_{\text{вн}} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t_{\text{р.з.}}$ – температура повітря, що надходить до робочої зони. $t_{\text{р.з.}} = t_{\text{зовн}}$, $t_{\text{р.з.}} = 23,5 \text{ } ^\circ\text{C}$; m – коефіцієнт, приймаємо 0,53 [15];

$$t_{\text{вид}} = 23,5 + \frac{22 - 23,5}{0,53} = 20,67, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо питому вагу повітря:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}, \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{зовн}} = \frac{353}{23,5 + 273} = 1,191, \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{вид}} = \frac{353}{20,67 + 273} = 1,202, \text{ кг/м}^3.$$

Розподілений тиск визначаємо за формулою [15]:

$$\Delta\rho_{1,2} = h * (\rho_{\text{зовн}} - \rho_{\text{вид}}), \text{ кг/м}^2,$$

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де h – відстань між осями прорізів; $h=10$ метрів

$$\Delta\rho_{1,2} = 10 * (1,202 - 1,179) = 0,11, \text{ кг/м}^2.$$

Втрати тиску на прохід повітря через припливні прорізи можна визначити за формулою:

$$\Delta\rho_1 = \beta * \Delta\rho_{1,2}, \text{ кг/м}^2,$$

де β – різниця тисків, що використовується на прохід повітря через припливні прорізи, $\beta = 0,4$ [15],

$$\Delta\rho_1 = 0,4 * 0,11 = 0,044, \text{ кг/м}^2;$$

Втрати тиску на прохід повітря через ліhtar визначаємо за формулою [15]:

$$\Delta\rho_2 = \Delta\rho_{1,2} - \Delta\rho_1, \text{ кг/м}^2;$$

$$\Delta\rho_2 = 0,11 - 0,044 = 0,066, \text{ кг/м}^2.$$

Визначаємо площу прорізів у стіні $F_{\text{припл}}$ і площу прорізів ліhtarя $F_{\text{л}}$:

$$F_{\text{припл}} = \frac{G_{\text{припл}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * g * \rho_{\text{зовн}} * \Delta\rho_1}{\xi_1}}}, \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{припл}} = \frac{4200}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,191}{3,7} * 0,024}} = 29,98, \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вид}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,202}{4,1} * 0,096}}, \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вид}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,202}{4,1} * 0,096}} = 11,33, \text{ м}^2,$$

де $G_{\text{припл}}$ – кількість повітря, що повинна надходити в приміщення. $G_{\text{вид}}$ – кількість повітря, що видаляється [15].

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 у відділі водопідготовки виконуються роботи VIIIб розряду зорових умов.

					ХН 3107 1440 000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

В таблиці 8.3 представлені санітарні норми освітлення, наведені значення параметрів освітлення, прийняті проектом.

Таблиця 8.3 – Норми освітлення [16]

Розряд зорової роботи	Штучне освітлення	Природне освітлення		Суміщене освітлення	
VIIIБ	Освітленість, лк	КПО, %			
	При системі загального освітлення	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні
	100	1	0,3	0,7	0,2

В проекті передбачено використання суміщеного освітлення – поєднання бічного двостороннього і штучного освітлення. До штучного відносяться: робоче, аварійне і ремонтне освітлення.

Система штучного освітлення – комбінована, на виробництві прийняті люмінесцентні лампи типу ЛД-80 з потужністю 80 Вт, та світловим потоком – 4200 Лм.

Для аварійного й евакуаційного освітлення передбачене застосування ламп розжарювання, поміщених у світильник "Альфа", а також переносних світильників "Універсаль" УП-200, напругою 12В [16].

При відключенні робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

8.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

У цеху водо підготовки основними джерелами шуму є мішалки,

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

освітлювачі та насоси. Джерело шуму є електроприводи обладнання. Згідно ДСН 3.3.6.037 - 99 допустимий рівень звуку у виробничих приміщеннях дорівнює $L_n = 80$ дБА.

Також в цеху підготовки сировинної суміші існують джерела, що викликають вібрацію. До них відносяться габаритне устаткування і його вузли, які обертаються з великою швидкістю.

Для боротьби із шумом передбачаються наступні заходи: відведені спеціальні звукоізолюючі кабінки; внутрішні поверхні облицьовані матеріалами які поглинають шум. Створюються мал шумні механічні передачі, розроблено способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторів.

Щодо вібрації – мінімізовано контакт працівників з віброоб'єктами шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження. Для зменшення вібрації використовується віброізоляція, шляхом застосування пружинних і гумових прокладок, спеціальних підкладок під устаткування.

8.1.4 Електробезпека

Проектом передбачено здійснювати живлення електроустаткування від трифазної 4-х провідної електричної мережі змінного струму промислової частоти із глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Відповідно ГОСТ 12.1.038 - 82 допустимі рівні напруги дотику (U_d) і струму, що проходить через тіло людини (I_l) дорівнює: при нормальному режимі роботи електроустаткування $U_d = 2$ В, а $I_l = 0.3$ мА; при аварійному - відповідно 36 В і 6 мА. Припустимі значення струму й напруги:

- у нормальному режимі роботи

$I_l = 0,3$ ма і $U_{пр} = 2$ В, при часі дії до 10 хв/добу;

- в аварійному режимі роботи:

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$I_{\text{л}} = 6 \text{ ма}$ і $U_{\text{пр}} = 36 \text{ В}$, при контакті більше 1 с.

Однофазний дотик зустрічається набагато частіше, ніж двофазний. Такий дотик менш небезпечний, тому що до тіла людини прикладається лінійна напруга.

Струм, що проходить через людину в цьому випадку, складе:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА},$$

де $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$ – фазна напруга, В; $R_{\text{л}} = 2000 \text{ Ом}$ – опір тіла людини, Ом; $R_0 = 30 \text{ Ом}$ – опір нейтралі заземлення, Ом [13].

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 30} = 109,8 \text{ мА},$$

При цьому напруга дотику складе:

$$U_{\text{дот}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} = 0,1098 \cdot 2000 = 219,6 \text{ В}.$$

Висновок: розрахувавши струм, що проходить через людину і напругу дотику, і порівнявши їх з значеннями, що допустимі і нормовані за ГОСТ 12.1.038 – 82 можна побачити, що експлуатація таких установок та порушення вимог ПУЕ є небезпечними для здоров'я і життя людини. Тому необхідно вжити заходи, щодо забезпечення електробезпеки.

Для захисту від електрики впроваджено такі заходи: занулення електроустаткування; захист електропроводки від механічних ушкоджень прокладкою проводів у металевих трубах, схованої, у металорукавах; установка електроустаткування відповідно до умов навколишнього середовища, закриті пилонепроникні електродвигуни та світильники; захисне відключення електроустаткування. Передбачене використання захисного одягу та пристроїв: діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, що ізолюють підставки, тимчасові огороження, захисні окуляри, подвійна ізоляція, застосування малих напруг. Блокування в системах пуску і зупинки обладнання.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Недоступність струмоведучих частин. Передбачено систематичний контроль ізоляції. До роботи з електрообладнанням допускаються особи, які мають на це дозвіл посадових осіб. Ремонт і обслуговування електроустаткування здійснюють не менше 2 осіб. Схема автоматизації передбачає блокування і можливість автоматичного, аварійного відключення устаткування, а також звукову та світлову сигналізацію.

8.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

З боку технологічних процесів, на підприємстві є механізми, які зможуть завдати обслуговуючому персоналу травм: обертові деталі; апарати під тиском (до 0,6 МПа).

Можливі падіння людей з висоти 6м, тому вони вони огорожені перилами висотою до 1 м.

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму неправильної експлуатації обладнання, поломки обладнання можуть призвести до аварій, вибухів, пожеж.

Головні причини аварійних ситуацій: порушення герметичності установок, прорив транспортних труб, припинення подачі технологічної води, захаращеність робочих місць, порушення технологічного режиму, відключення електроенергії, невиконання правил з техніки безпеки та інші [16].

8.2 Пожежна безпека

Причинами пожежі в цеху можуть бути:

- перенавантаження електрообладнання;
- теплова дія;
- механічне пошкодження електромережі;

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- прямий удар блискавки в будівлю.

Протипожежними заходами є:

- встановлення плавких запобіжників;
- використання стрижневих блискавковідводів.

Будівля корпусу хімічного цеху, де знаходиться відділення попередньої очистки води, збудована з негорючого матеріалу другого ступеня вогнестійкості. В якості сигналізації встановлені датчики типу ПОСТ 1 та телефонний зв'язок. З метою дотримання правил пожежної безпеки у проекті передбачено такі запобіжні заходи: розділення апаратів протипожежними перегородками на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, протипожежний водопровід, ємності з піском і пожежні щити. Передбачається захист ізоляції від теплового впливу. Захист від прямих ударів блискавки забезпечується завдяки стрижневим блискавковідводам. В цеху для пригнічення пожежі передбачено сухий пісок, азбестові ковдри, порошкові вогнегасники, які є найбільш універсальними по області застосування й по робочому діапазоні температур. В приміщенні є два евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі. Всі електроустановки захищені автоматичними пристроями від струмів короткого замикання.

Приміщення ХВО і встановлене в ньому обладнання повинні утримуватися у повній чистоті. Не допускається захаращування підлоги, загромождження приміщення.

Вогневі роботи на устаткуванні УФ повинні виконуватися по наряду-допуску та спеціальному дозволу на проведення вогневих робіт.

Персонал ХВО повинен знати розташування засобів протипожежного захисту, пожежного інвентарю (ящик із піском, вогнегасники, пожежні крани, гідранти, ящики з протигазами), слідкувати за їх справністю та вміти ними користуватися.

При виникненні осередку пожежі оперативному персоналу необхідно:

- негайно повідомити про те, що трапилося, начальника зміни ХЦ;

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- видалити в безпечне місце всі вогне- та вибухонебезпечні речовини;
- приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежогасіння під керівництвом начальника зміни, начальника цеху або його заступника до прибуття пожежної команди [4].

У даному розділі розроблено заходи, які направлені на створення здорових та безпечних умов праці та пожежної безпеки відповідно до санітарних норм і правил. Під час розробки проекту:

- наведено оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення;
- створено сприятливу для роботи систему освітлення, а також проведено розрахунок системи загального електричного освітлення цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку;
- передбачено застосування засобів захисту від виробничого шуму та вібрацій;
- наведено перелік електрозахисних засобів колективного та індивідуального захисту;
- вжито всіх можливих заходів щодо безпеки технологічних процесів та обслуговування обладнання;
- з метою дотримання правил пожежної безпеки проведено ряд заходів відповідного захисту.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

В даному дипломному проекті розроблено схему підготовки та очищення води за допомогою установки ультрафільтрації. З точки зору екологічної безпеки виробництво можна класифікувати як рядове.

Метою даного підрозділу є визначення всіх шкідливих відходів, які утворюються під час роботи підприємства і знайти рішення, які забезпечать їх екологічну утилізацію або доведення недопустимих значень до рівня ГДК.

9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів

Технологічна схема починається з підігрівання води у теплообміннику, після нього вода потрапляє в освітлювач, де проходить стадію коагуляції, осадження колоїдно-дисперсних частинок.

Після освітлення вода прямує на блоки модулів ультрафільтрації, де проходить більш тонке очищення, на мембрані затримуються зависі з розміром частинок більше 0,01 мкм, а також розчинена органіка, віруси і бактерії. Завдяки прямій і зворотній промивці утворюються води з підвищеним вмістом зависей, які направляються в цикл перед освітлювачем.

Раз в 1-3 місяці звичайної промивки стає недостатньо для повного очищення мембрани і тоді застосовують СІР – промивку (clean in place), тобто залежно від типу забрудника мембрани, в систему додають тільки хімічні реагенти такі, як гіпохлорит натрію, кислоту, луг. Для промивки використовуються концентровані розчини кислот і лугів. Через мембрану пропускають розчини кислоти і потім нейтралізують розчином лугу, ці стоки взаємонейтралізуються та знову входять в цикл перед освітлювачем.

Частіше використовується СЕВ – промивка (chemical enhanced backwash). Для цього процесу УФ-мембрану піддають інтенсивній промивці з водою з реагентами такими самими реагентами, але меншою їх

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

концентрацією. Зливи після нейтралізації також поступають в рецикл.

Отже, відходів у вигляді стоків немає. Але після стадії коагуляції утворюється твердий залишок – шлам. Шлам пройшовши шлагоущільнювач у освітлювачі має 98-99% вологи, отже спочатку його необхідно зневоднити за допомогою прес-фільтрів, після чого шлам має вологість 75-80 %. Потім він відправляється на регенерацію. Регенерація проводиться 20-40 % сульфатною кислотою H_2SO_4 . Після чого можливо отримати відпрацьований коагулянт $Fe_2(SO_4)_3$, який в 3-4 рази дорожчий за вихідний [17]. Відпрацьований коагулянт направляється в цикл.

9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Екологічною проблемою даного виробництва є утворення стічних вод після СІР та СЕВ промивок з низьким та високим значенням рН. Для вирішення цієї проблеми можливо використовувати змішування даних стоків з подальшою нейтралізацією, внаслідок цього буде досягнуто необхідне значення водневого показника стічної води.

Наступним недоліком стічних вод після промивок мембран є висока кількість завислих речовин. Для вирішення даної проблеми можна повторно очищувати воду в освітлювачі з метою відділення завислих речовин методом коагуляції.

Вода направляється у відстійник у випадку, коли вміст завислих речовин перевищує допустиму концентрацію, для осадження частинок. Після відведення шламу воду можна скидати у міську каналізацію. Ще одним із варіантів відділення завислих речовин від води є фільтрування.

Шлам, який залишився, знаходиться в «зеленому переліку відходів» й стоїть в IV класі небезпеки, тобто набуває статусу безпечної речовини. Існують наступні шляхи використання цього шламу:

- для покращення когезійних властивостей ґрунтів;

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- в керамічних виробництвах, в якості наповнювачів асфальтових сумішей і бетону;
- у виробництві цементу, цегли та інших будівельних матеріалів;
- матеріал для підсипки.

Осади водоочищення можливо використовувати в процесах очищення промислових стоків для покращення седиментаційних властивостей осадів коагуляції, досягнення більш повного вилучення цінних інгредієнтів зі стічних вод, підвищення зневоднення і скорочення витрати коагулянтів [17].

9.3 Екологічний моніторинг

Система нагляду та аналізу стічних вод складається із відбору проб стічної води та її аналізу на рівень рН за допомогою рН – метра, кожного разу коли проводиться СІР або СЕВ промивки. За розрахунками, СІР промивку необхідно проводити раз на 1-3 місяці, а СЕВ – раз на 3-4 тижні, таким чином і аналіз необхідно проводити відповідно цих розрахунків.

Точка відбору проби – бак, в який зливаються ці стоки, через які промивна вода надходить від системи до каналізаційного стоку. Якщо рівень рН не задовольняє вимоги до скиду стічних вод, в бак вводять кислоту або луг для донейтралізації, щоб досягти потрібного рН. Аналіз стічної води також має проводитися під час кожної промивки установки, коли домішується свіжа водопровідна вода.

Також стоять онлайн прилади, які міряють вміст завислих речовин, а саме turbidity meters, а також прилад який вимірює вміст сухого залишку TDS meters, якщо вміст перевищує допустимі концентрації, то проводиться розбавлення води, яка скидається.

Моніторинг шламу проводиться на вміст таких речовин :

- вологість;
- загальний вміст заліза;

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- вміст карбонатів;
- вміст SiO_2 .

Аналіз на вміст заліза проводиться фотометричним методом, на вміст карбонатів-тетраметричним, кількість SiO_2 визначають гравіметричним методом.

9.4 Розрахунок екологічних платежів

В даному розділі розраховано величину плати за скидання стічних вод у міську каналізацію міста Києва.

Величина плати за скид стічних вод у міську каналізацію (P_c) розраховується водоканалом згідно з державною Інструкцією за формулою :

$$P_c = T \cdot V_{\text{дог}} + 5T \cdot V_{\text{пдог}} + V_{\text{пз}} \cdot K_k \cdot H_n, \quad (9.1)$$

де T – тариф, установлений за надання послуг водовідведення абонентам, віднесення до відповідної категорії, грн/м³; $V_{\text{дог}}$ – обсяг скинутих абонентом стічних вод у межах, обумовлених договором або лімітом, м³; $V_{\text{пдог}}$ – обсяг скинутих абонентом стічних вод понад обсяги, обумовлені договором або лімітом, м³; $V_{\text{пз}}$ – обсяг скинутих абонентом стічних вод з наднормативними забрудненнями (за відсутності даних щодо обсягів водовідведення беруться дані, зазначені в паспорті водного господарства), м³; K_k – коефіцієнт кратності, який враховує рівень небезпеки скинутих забруднень для технологічних процесів очищення стічних вод на МКОС та екологічного стану водойми; H_n – встановлений норматив плати за скид наднормативних забруднень у міську каналізацію, % [18].

Норматив плати за скидання 1 м³ стічних вод у міську каналізацію з понаднормативними забрудненнями встановлюється на рівні частки тарифу на послуги водовідведення, яка відповідає вартості очищення 1 м³ стічних вод з вмістом забруднень у межах, установлених допустимих концентрацій забруднюючих речовин.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		89

При виявленні водоканалом під час контролю якості стічних вод, що скидаються абонентом, перевищення фактичної концентрації одного забруднення (C_{ϕ}) над установленою ДК коефіцієнт кратності для розрахунку плати за скид наднормативних забруднень визначається за формулою [18]:

$$K_k = (C_{\phi} - D_k) / D_k; \quad (9.2)$$

$$K_k = (15\,000 - 300) / 300 = 49.$$

Так як за правилами коефіцієнт кратності не може перевищувати 5, то беремо максимальне значення перевищення фактичної концентрації одного виду забруднення, яке дорівнює 5.

Отже можна порахувати плату за скид стічних вод за формулою 9.1:

$$P_c = 3,56 \cdot 10\,000 + 5 \cdot 3,56 \cdot 5\,000 + 1000 \cdot 5 \cdot 25 = 249\,600 \text{ грн.}$$

В перерахунку на 1 м^3 скинутих вод :

$$P_c (\text{на } 1 \text{ м}^3) = 249\,600 / 15\,000 = 16,64 \text{ грн.}$$

Таким чином в даному розділі розраховано плату за скид стічних вод у міську каналізацію у разі відсутності будь-яких переробок відходів. Так як у випадку даного дипломного проекту, вода яка утворюється після промивок мембран йде знову в цикл, шлам після коагуляції регенерується, а частина йде на подальше використання, можна зробити висновок про те, що економія капіталовкладень складе 249 600 грн./рік.

В цілому екологічний стан виробництва відповідає нормі, адже тверді відходи, такі як відпрацьований шлам, не несуть шкоди, так як йдуть на подальше використання, кислі і лужні відходи нейтралізуються та надходять в рецикл.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті розроблено схему попереднього очищення води з поєднанням стадій коагуляції та ультрафільтрації.

Для отримання води більш високої якості, проведено реконструкцію цеху попереднього очищення води, що передбачає заміну механічних фільтрів ультрафільтраційною установкою. Це дозволяє знизити кількість завислих часток у воді, зменшити вміст високомолекулярної органіки.

Основним апаратом технологічної схеми виступає ультрафільтраційна установка, яка має продуктивність за очищеною водою 360 м³/год, та складається з 88 мембранних елементів. Процес відбувається за принципом тупікової ультрафільтрації, що дозволяє очистити воду від завислих частинок розміром більше 0,01 мкм. Для досягнення бажаного результату використовуються мембрами американської компанії Dow Chemicals типу DOW SFP-2880, з продуктивністю одного мембранного елемента 53 м³/год.

Розроблені рішення автоматизації дозволяють практично виключити людину з процесу виробництва, так як ультрафільтраційний процес проводиться більшість часу в автоматичному режимі за встановленою програмою. Залишається необхідною лише присутність оператора, щоб слідкувати за показаннями електроприладів, які розміщені на пульті керування та лаборантів для аналізу проб води. Проте існують перспективи модернізації подальшого розвитку системи автоматизації даного технологічного процесу.

Дане виробництво є екологічно безпечним. Стічні води, які утворюються після промивки ультрафільтраційних мембран поступають на повторне очищення, а шлам, що утворюється після стадії коагуляції регенерується та використовується в інших промислових галузях. Для випадку аварійного скиду стічних вод у каналізацію екологічний платіж складе 16,64 грн./м³.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Дипломний проект виконано з урахуванням вимог охорони праці, пожежної та екологічної безпеки виробництва. Для шкідливих, небезпечних виробничих факторів передбачено заходи і засоби створення на об'єкті безпечних умов праці.

Економічні розрахунки дозволили підкреслити доцільність використання даного методу очищення води, так як впровадження нової технології дозволить отримати економічний ефект у розмірі 609 123,53 грн./рік. Собівартість попередньо очищеної води з використанням методу ультрафільтрації складає 7,43 грн./м³.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод: изд. 2-е, перераб. и доп./ Л.А. Кульский, П.П. Строкач; -К.: Полиграфкнига, 1985. – 336 с.
2. Запольский, А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды / А.К. Запольский, А.А. Баран. – Л.: Химия, 1987. – 204 с.
3. Інструкція з експлуатації установки ультрафільтрації ХВО теплоелектроцентралі № 5 – Кобзаренко М.М., Захарук В.П.: Київ, 2012 – 26 с.
4. Інтернет ресурс “World water technologies” : <http://wwtec.ru/?id=233>
5. Запольский А.К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник/ Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., и др. - К.: Лібра, 2000 .- 552 с.
6. Інтернет ресурс “Ультрафильтрация: эффективная технология очистки воды»: <https://roscontrol.com/community/article/ul-trafil-tratsiia-vody/#porup>
7. Інтернет ресурс «Гидроэкология» : <http://hydroeco.zp.ua>.
8. Інтернет ресурс «Dow Chemical»: www.filmtec.com.
9. Концевой А.Л. Алгоритмізація і програмування розрахунків процесу водопідготовки. Навчальний посібник: На правах рукопису / А.Л. Концевой, Н.М. Толстопалова. – К.: 2003. – 44 с.
10. Лукінюк, М.В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.
11. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с.

12. Орленко, А.Т. Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах бакалаврів хіміко-технологічного і біотехнології та біотехніки ф-тів / Уклад.: А.Т. Орленко, Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров - К.: НТУУ «КПІ», 2011. - 33 с.

13. Метрологічне забезпечення безпеки праці. В 2-х т. Під. Ред. І.Х. Сологана. - М.: Ізд-во ст-тов, 1989.

14. ДБН 33.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

15. Захаров Л. П. Техника безопасности в химических лабораториях [Текст]. - Л.: Химия, 1985. -184 с.

16. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

17. Косогіна, І.В. Ресурсозберігаючі технології коагуляційного очищення стічних вод : [монографія] / І. В. Косогіна, І. М. Астрелін. – Одеса : Екологія, 2011. – 132 с.

18. Платежі за забруднення, їх види та критерії нарахування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/25530/>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.

19. Інтернет ресурс Каталог продукції НПО «Екософт» [електроний документ] режим доступу: <http://ecosoft.ua/>

20. Інтернет ресурс каалог фільтруючих систем <http://www.irrigator.net/ua>.

					<i>ХН 3107 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		