

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

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гомеля

« ___ » _____ 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності – 161 Хімічні технології та інженерія

**на тему: «Вдосконалення системи водопідготовки для ін'єкційних засобів на
на АТ «Фармак»»**

Виконав:

Студент ІV курсу, групи ЛЦ-11 Пушка Владислав Віталійович _____

Керівник:

Доцент, д.т.н., Хохотва Олександр Петрович _____

Консультант

Із розробки заходів з охорони праці на виробництві
ст. викл., к.т.н., Ковтун А.І. _____

Рецензент:

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

Студент _____

Київ – 2025 рік

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Пояснювальна записка	66	
3	A2	ДП ЛЦ11.04.015 ПЗ	Блок-схема матеріального балансу	1	
4	A1	ДП ЛЦ11.03.015 ТК	Технологічна схема	1	
5	A1	ДП ЛЦ11.01.015 ТК	План цеху	1	
6	A1	ДП ЛЦ11.02.015 ТК	Поздовжній розріз	1	
7	A1		Таблиці вихідних даних та таблиці вимог до очищеної води	1	
8	A2		Висновки	1	

	ПІБ	Підп.	Дата			
Розроб.	Пушка В.В.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Хохотва О.П.				2	65
Консульт.	Ковтун А.І.				КПШ ім. Ігоря Сікорського Кафедра Е та ТРП Група ЛЦ-11	
Н/контр.						
Зав.каф.	Гомеля М.Д.					

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

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Інститут/факультет інженерно-хімічний

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 Хімічні технології та інженерія

Освітньо-професійна програма «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гомеля

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

На дипломний проєкт студенту

Пушкі Владиславу Віталійовичу

1.Тема проєкту Вдосконалення системи водопідготовки для ін'єкційних засобів на АТ "Фармак"

Керівник проєкту: доцент, д.т.н., Хохотва Олександр Петрович.

Затверджені наказом по університету від «20» травня 2025 р. №1653-с

2.Термін подання студентом проєкту _____

3.Вихідні дані до проєкту: Витрата води – 350 м³/добу; сухий залишок - 215 мг/л, жорсткість – 5,7 мг-екв/л, сульфати – 33,12 мг/л, хлориди - 52мг/л , нітрати – 4,02 мг/л, ХСК – 1,8, рН 7,92.

4.Зміст пояснювальної записки: Вступ, техніко-економічне обґрунтування проєкту, технологічна частина, тхнологічні та гідравлічні розрахунки, будівельна частина, охорона праці, висновки, список використаної літератури, додатки

5.Перелік графічного матеріалу: технологічна схема формату А1, план цеху з розміщенням очисних споруд формату А1, поздовжній розріз цеху з розміщенням очисних споруд формату А1

6.Консультанти розділів проєкту

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

7.Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Отримання завдання		
2	Розроблення технологічної схеми та наведення її обґрунтування		
3	Розрахунок матеріального балансу		
4	Проведення технологічних та гідравлічних розрахунків		
5	Виконання будівельної частини		
6	Оформлення пояснювальної записки		

Студент _____

В.В. Пушка

Керівник проєкту _____

О.П. Хохотва

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту

**на тему: «Вдосконалення системи водопідготовки для ін'єкційних засобів на
АТ «Фармак»»**

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт: 62 стор., 14 табл., 15 рис., 9 джерел, 3 додатків

Метою даного дипломного проєкту є максимально можливе вдосконалення існуючої технологічної схеми направленої на отримання високоочищеної води для ін'єкційних засобів на АТ "Фармак" з урахуванням мінімальних витрат ресурсів та маскимальною екологічною та економічною ефективністю .

В ході виконання дипломного проєкту було проаналізовано існуючу технологічну схему , її переваги та недоліки , характеристики води на вході та відповідність стандартам фармакології на виході , а також можливі напрямки вдосконалення даної технологічної схеми. Також було проведено відповідні розрахунки матеріального балансу та гідравлічні розрахунки очисних споруд з метою забезпечення відповідної якості водопідготовки . Обґрунтовано техніко-економічну складову проєкту , розроблено розділ з охорони праці , та описано будівельну частину.

Описано відповідні зміни в існуючій технологічній схемі та їх доцільність . Розраховано параметри та обрано відповідні характеристики очисних споруд та технічного обладнання .

В заключній частині проєкту сформовані висновки та представлені списки використаних джерел, додатки до роботи, специфікації, креслення технологічної схеми, креслення плану будівлі і розміщення в ній апаратів, що використовуються в технологічній схемі.

ВОДОПІДГОТОВКА, ТЕХГОЛОГІЧНА СХЕМА, ОЧИСНІ СПОРУДИ, ІН'ЄКЦІЙНІ ЗАСОБИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВДОСКОНАЛЕННЯ, РЕСУРСИ, ПРОЄКТ, ФАРМАКОЛОГІЯ, КРЕСЛЕННЯ, ЕКОЛОГІЯ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ			
Розробив		Пушка В.В.			АНОТАЦІЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Хохотва О.П.					6	62
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.						Каф. ЕтаТРП, Гр. ЛЦ-11		
Затв.		Хохотва О.П.						

АНОТАЦІЯ

Diploma project: 62 pages, 14 tables, 15 figures, 9 sources, 3 appendices

The purpose of this diploma project is to improve the existing technological scheme of high -purified water for injection at Pharmac JSC, taking into account the minimal cost of resources and masked environmental and economic efficiency.

In the course of the diploma project, the existing technological scheme, its advantages and disadvantages, characteristics of water at the entrance and compliance with the standards of pharmacology at the exit were analyzed, as well as possible directions of improvement of this technological scheme. Also, appropriate calculations of the material balance and hydraulic calculations of treatment facilities were carried out in order to ensure the appropriate quality of the water treatment. The technical and economic component of the project is substantiated, a section on labor protection has been developed, and the construction part is described.

The corresponding changes in the existing technological scheme and their expediency are described. The parameters are calculated and the appropriate characteristics of treatment facilities and technical equipment were selected.

In the final part of the project, the conclusions and lists of used sources, annexes to work, specification, drawing of a technological scheme, drawing of a building plan and placement of apparatus used in the technological scheme are presented.

WATER TREATMENT, TECHNICAL SCHEME, TREATMENT FACILITIES, INJECTIONS, CHARACTERISTICS, IMPROVEMENTS, RESOURCES, PROJECT, PHARMACOLOGY, DRAWINGS, ECOLOGY

					<i>ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Пушка В.В.</i>			АНОТАЦІЯ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Хохотва О.П.</i>					7	62
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП, Гр. ЛЦ-11</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Хохотва О.П.</i>						

ЗМІСТ

ВСТУП.....	Помилка! Закладку не визначено.
1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	10
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	13
2.1. Вибір та обґрунтування технологічної схеми підготовки води для інекційних засобів	14
2.2. Матеріальний баланс	20
2.2.1. Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу	20
2.2.2. Розрахунок матеріального балансу	21
2.3. Теоретичні дані про фізичні, хімічні та біологічні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі	28
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД	41
4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	48
4.1. Теплотехнічний розрахунок товщини зовнішньої стінки	48
4.2. Розрахунок площі адміністративно-побутових приміщень	49
4.3. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі	51
4.4. Конструктивне вирішення будівлі	52
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	54
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	62
ДОДАТКИ	63

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Водопідготовка надзвичайно актуальна тема сьогодні оскільки саме вода, безбарвна рідина без запаху і смаку, є обов'язковим компонентом майже всіх існуючих технологічних процесів. Найпростіша хімічна сполука є основним розчинником для приготування лікарських засобів та є найдоступнішою з аналогів. Для використання у фармакологічній промисловості вода повинна відповідати дуже жорстким критеріям.

Особлива увага приділяється засобам що вводяться в організм за допомогою ін'єкцій оскільки вони швидко попадають в кров та діють на організм де вода є основним середовищем для обміну речовин та низки хімічних ферментативних реакцій. Для цього використовують лише високоякісну воду оскільки будь-які залишки забруднюючих речовин можуть пагубно вплинути на стан організму.

Для отримання такої води використовують різні методи очистки до яких належать: мікрофільтрація, ультрафільтрація, зворотній осмос, електроліз, демінералізація, знезараження, сорбція, аерація, флотація, пом'якшення води та інше. Фармацевтичні підприємства що спеціалізуються на виготовленні ін'єкційних засобів критично залежить від високоякісної води тому розробка сучасної технологічної схеми водопідготовки є одним із основних аспектів розвитку та вдосконалень.

Основна мета даного дипломного проекту полягає у вдосконаленні технології водопідготовки на АТ "Фармак", з урахуванням всіх вимог та сучасних технологій, для покращення якості продукції що виготовляється з використанням води для ін'єкцій .

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

На фармацевтичному виробництві вода займає ключове місце не лише у приготуванні ін'єкційних розчинів. Її властивості безпосередньо впливають на стабільність, ефективність та безпечність багатьох лікарських форм. Залежно від призначення, використовуються різні типи води: очищена, питна, для інгаляцій, для миття тари, зволоження повітря, пароутворення та інших технологічних процесів. Кожна з них повинна відповідати окремим стандартам, оскільки навіть мінімальне відхилення вмісту іонів, органіки чи мікроорганізмів може змінити якість продукту.

Найчастіше вода використовується як розчинник у виробництві сиропів, еліксирів, очних крапель, назальних засобів, інгаляційних розчинів. Для таких потреб зазвичай застосовується очищена вода, яка проходить декілька етапів фільтрації, іонообміну та зворотного осмосу. Водночас у допоміжних процесах, як-от промивання устаткування, підготовка середовищ для мікробіологічного контролю або створення пари, можуть використовуватись технічна, демінералізована або очищена вода.

Очищена вода (Purified Water) використовується для процесів де не потрібна майже повна хімічна та мікробіологічна чистота і наявність невеликої кількості сторонніх речовин не зіграє великої різниці, наприклад виготовлення сиропів або промивання апаратів. Її параметри регламентує Європейська фармакопея: питома електропровідність не більша за 4,3 мкСм/см при 20 °С; загальний органічний вуглець (ТОС) – до 0,5 мг/дм³ або 500 мкг/дм³.

Вода для ін'єкцій (WFI, Water for Injection) використовується при виготовленні парентеральних засобів, розчинів для ін'єкцій, очних крапель. У таких умовах потрібна абсолютна стерильність, апірогенність і максимальна чистота. Показники WFI: електропровідність не більше 1,1 мкСм/см, ТОС не більше 0,5 мг/дм³, бактеріальне навантаження – до 10 КУО/100 мл.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи РW та WFI крім того відносяться до систем з безперервним режимом роботи, що зазвичай вимагає проведення для таких систем регулярного моніторингу критичних функцій і параметрів, а також періодичної рекваліфікації. Кваліфікація водопідготовки є документальним підтвердження відповідності системи водопідготовки вимогам GMP та іншої нормативної документації. Валідація повинна довести, що водопідготовка працює добре, стабільно і гарантовано виробляє воду необхідної якості.

Ключовим моментом кваліфікації водопідготовки є її тестування в умовах максимального моделювання щоденного процесу. Ми не ділимо стерилізацію ємності і «петлі», набір води і моделювання її споживання на окремі етапи кваліфікації, ми тестуємо весь цикл з обов'язковим проведенням навантажувальних тестів.

Всі тести ми проводимо з використанням бездротових даталогерів температури, тиску і рівня, виконаних з високоякісної нержавіючої сталі, які гарантовано не внесуть забруднень в вашу систему.

У кваліфікацію водопідготовки можуть входити: кваліфікація інженерних систем, кваліфікація води очищеної, кваліфікація води для ін'єкцій, кваліфікація системи отримання, зберігання і розподілу води.

Методи очищення води у фармацевтичному виробництві залежать від цільового призначення очищеної води: для миття тари, охолодження обладнання, приготування неін'єкційних препаратів, промивки реакторів або отримання води для ін'єкцій. Кожен етап технології має чітку функцію – видалення механічних домішок, мікроорганізмів, розчинених газів або мінеральних солей. Використання мембранних методів, дегазації, іонообмінної та безреагентної технології дозволяє не лише досягати нормативної якості, а й скорочувати споживання води, зменшувати навантаження на систему каналізації та знижувати витрати на реагенти.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Також фармацевтичне виробництво висуває до якості води значно жорсткіші вимоги, ніж будь-яка інша галузь промисловості. Це зумовлено тим, що вода не просто використовується як допоміжна сировина, а входить до складу лікарських засобів, виконує роль розчинника, промивного середовища, реагенту, носія енергії, засобу очищення обладнання, тари та поверхонь. Від чистоти води залежить ефективність продукції, її мікробіологічна безпека, стабільність складу та відсутність сторонніх домішок. Через це на кожному етапі водопідготовки використовуються надійні технології, що відповідають світовим стандартам.

Таблиця 1.1 світові стандарти води для інекцій

Назва показника	Вимоги НД	Методи контролю за НД
Опис	Прозора, безбарвна рідина	За п.1 (візуально)
Речовини що окиснюються або Загальний органічний вуглець	Розчин має залишитись слабо-рожевим Не більше 0,5 мг/л	За п.2 Ф США <643>
Питома електропровідність	не більше $1.1 \mu S \text{ cm}^{-1}$ при температурі 20°C	За п.3, ДФУ*, 2.2.38 Ф США <645>
Нітрати	не більше 0,00002%	За п.4
Важкі метали	не більше 0,00001%	За п.5 ДФУ*, 2.4.8 (метода А)
Мікробіологічна чистота	В 1 мл допускається не більше 100 колонієутворюючих одиниць	За п.6, ЄФ 2.6.12

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Таблиця 2.1 Характеристики води на вході та відповідні нормативи

Показник	Вимоги НД	Результати аналізів	Одиниці виміру	Нормативні документи
забарвленість	Не більше 20	18,43	градуси	ДСТУ ISO 7887:2003
водневий показник рН	6,5-8,5	7,92	-	ДСТУ 4077-2001
Загальна жорсткість	Не більше 7	5,7	ммоль/дм ³	ДСТУ ISO 6059:2003
Залізо загальне	Не більше 0,2	0,13	мг/дм ³	ДСТУ ISO 6332:2003
Нітрати	Не більше 50	4,02	мг/дм ³	ДСТУ 4078-2001
Сульфати	Не більше 250	33,12	мг/дм ³	ДСТУ ISO 15923:2018
Сухий залишок	Не більше 1000	215	мг/дм ³	ГОСТ 18164-72
Хлориди	Не більше 250	52	мг/дм ³	ДСТУ ISO 9297:2007
ХСК	Не більше 5	1,8	мг/дм ³	ДСТУ 7131-2009
Загальне мікробне число	Не більше 10	16	КУО/см ³	МВ 10.2.1-113.2005
Число бактерій групи кишкових паличок	Не більше 3	2	КУО/см ³	МВ 10.2.1-113.2005

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2.1 Вибір та обґрунтування технологічної схеми підготовки води для інекційних засобів

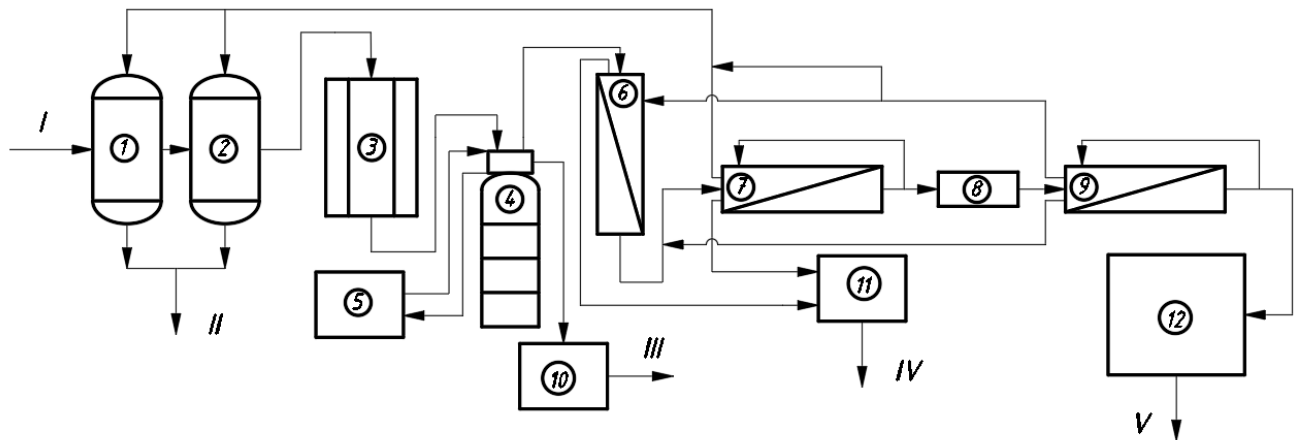


Рисунок 2.1 – Запропонована технологічна схема отримання води для інекцій

(1 , 2 - механічні фільтри , 3 - ультрафіолетовий серилізатор 4 - катіонообмінний фільтр , 5 - витратний бак регенераційного розчину , 6 - ультрафільтраційна установка , 7 - зворотній осмос низького тиску , 8 - мембранний дегазатор , 9 - зворотній осмос високого тиску , 10 - бак накопичувач для відпрацьованого регенераційного розчину , 11 - бак-усереднювач стоків , 12 -ємність води очищеної)

Щоб забезпечити стабільну якість води для ін'єкцій, схема водопідготовки включає декілька взаємопов'язаних етапів. Кожен із них виконує свою конкретну функцію, поступово видаляючи з води механічні, органічні, мінеральні й мікробіологічні домішки. Всі етапи були обрані виходячи з характеристик води на вході . Джерелом водопостачання є звичайна водопровідна вода яку надає Київводоканал.

Першим етапом є очищення води через два послідовні механічні фільтри. Основне завдання – вилучити великі завислі частинки, пісок, іржу, мул і залишки органіки, які можуть потрапляти у воду з трубопроводів або водозабору. Подвійний бар'єр

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ				

потрібен для поступового зменшення навантаження на наступні елементи схеми. Крім того, механічне очищення продовжує ресурс мембранних модулів, зменшуючи частоту їхнього засмічення та промивок.

Очищена на цьому етапі вода має вже прийнятну прозорість, однак усе ще містить розчинені солі, мікроорганізми, органічні залишки та газу. Тому подальша очистка спрямована на глибше вилучення цих домішок.

Наступним кроком є зменшення загальної жорсткості води за допомогою іонообмінної смоли у формі Na^+ . Жорсткість зумовлюється наявністю іонів кальцію та магнію, які негативно впливають на роботу мембран зворотного осмосу, спричиняючи утворення накипу та зменшення продуктивності. Іонообмінна смола заміщує ці іони на безпечні іони натрію, що дозволяє отримати пом'якшену воду без жорстких солей.

Після пом'якшення вода проходить через камеру з ультрафіолетовим випромінюванням. Цей етап знищує більшість бактерій і вірусів, які могли залишитися після попередніх стадій. Особливість УФ-обробки – знезараження без додавання хімічних реагентів. Це дає змогу уникнути побічних продуктів, які могли б вплинути на якість кінцевої води.

УФ-лампа також виконує функцію бар'єру, що запобігає біологічному обміненню системи. Це важливо для збереження стерильності внутрішніх поверхонь трубопроводів і мембранних модулів.

Далі йде проходження через ультрафільтраційну установку. Це мембранний процес, який відділяє частинки розміром понад 0,01 мкм, у тому числі віруси, білкові залишки, колоїдні частинки та бактерії. Завдяки цьому вода після ультрафільтрації набуває майже стерильного стану. У порівнянні з попередніми методами, ультрафільтрація є точнішою і надійнішою.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Після ультрафільтрації вода потрапляє на перший ступінь зворотного осмосу. Це процес, у якому під дією тиску вода проходить через напівпроникні мембрани, які затримують розчинені солі, органічні речовини, віруси, бактерії та частину розчинених газів. Мембрани низького тиску мають підвищену продуктивність і дозволяють відфільтрувати до 90–95 % домішок.

Один із ключових нових елементів – дегазатор. Його завдання – вилучення розчинених газів, насамперед CO₂ і O₂. Присутність цих газів може спричинити утворення карбонатної кислотності, прискорення корозійних процесів, а також впливати на електропровідність води. Вакуумний дегазатор або мембранна дегазація дозволяють ефективно усунути ці небажані домішки без хімічного втручання.

Цей етап покращує стабільність параметрів води, захищає обладнання від корозії та готує воду до завершального етапу очищення – осмосу високого тиску.

Другий ступінь осмосу працює з водою, вже очищеною від більшості домішок. Його функція – доочищення до рівня, необхідного для води для ін'єкцій: залишковий вміст солей, ТОС, бактерій, ендотоксинів, мікроорганізмів має бути мінімальним. Мембрани високого тиску забезпечують максимально можливий ступінь очищення – до 99,9 %, що дозволяє досягти показників, передбачених вимогами фармакопей.

Дана технологічна схема дозволяє отримати воду високого ступеню очищення яка надалі може використовуватись для виготовлення ін'єкційних засобів. Дані про якість води після очистки в описаній технологічній схемі та вимоги до неї наведені в таблиці

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 2.2 Характеристики води після запропонованої системи очистки

Показник	Норматив	Результати аналізів	Одиниці виміру
забарвленість	Безбарвна	Безбарвна	градуси
водневий показник рН	6,9-7,1	7	-
Загальна жорсткість	Не більше 0,2	0,021	ммоль/дм ³
Залізо загальне	Не більше 0,2	0,13	мг/дм ³
Нітрати	Не більше 0,2	0,011	мг/дм ³
Сульфати	Не більше 1	0,322	мг/дм ³
Сухий залишок	Не більше 10	0,52	мг/дм ³
Хлориди	Не більше 0,5	0,166	мг/дм ³
ХСК	Не більше 2,5	0,979	мг/дм ³
Загальне мікробне число	Не більше 10	4	КУО/см ³
Число бактерій групи кишкових паличок	Відсутні	Відсутні	КУО/см ³

Розробка даної технологічної схеми водопідготовки , орієнтована саме на отримання води для ін'єкцій (WFI) , основний акцент було зроблено на ефективності, економічності та відповідності сучасним санітарним вимогам. Було взято до уваги досвід експлуатації попередньої схеми, яка хоч і забезпечувала базовий рівень очищення, однак виявила ряд істотних недоліків, що впливали на

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

стабільність параметрів води, зручність експлуатації й витрати на реагенти та утилізацію стічних вод.

У старій схемі всі промивні води без попереднього очищення скидалися в каналізацію. Це призводило до надмірного водоспоживання, зайвого навантаження на систему каналізації та втрат потенційно корисного ресурсу. Єдиним поверненим потоком був концентрат другого ступеню зворотного осмосу, який повертався на вхід до системи. В той же час інші потоки, включаючи концентрат першого ступеню та промивні води з ультрафільтрації, безповоротно губилися. Така організація викликала як технічні, так і економічні труднощі.

Також у попередньому варіанті схеми використовувався гідроксид натрію, який додавався для корекції рН. Його застосування вимагало додаткових витрат, контролю за дозуванням, спеціальних умов зберігання та створювало потенційні ризики для персоналу. Ще одним слабким місцем виявилася відсутність дегазатора, що ускладнювало контроль вмісту розчинених газів, насамперед CO₂ та O₂, які, як відомо, суттєво впливають на корозійну активність води та стабільність роботи мембран.

Накопичений відпрацьований регенераційний розчин у старій системі розбавлявся й поступово скидався в каналізацію. Такий підхід, попри його простоту, створював додаткове навантаження на внутрішню мережу водовідведення, а також втрачав потенціал для повторного використання хлорвмісних компонентів.

Новий підхід до водопідготовки враховує ці проблеми та передбачає кілька ключових удосконалень, спрямованих на підвищення ефективності, безпеки й економічності процесу. Замість скидання промивних вод, частина з них повертається назад у технологічний цикл. Зокрема, промивні води з першого ступеню зворотного осмосу використовуються для зворотної промивки

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

механічних фільтрів. Це дозволяє зменшити споживання свіжої води для технічних потреб.

Аналогічно, промивні води з другого ступеню зворотного осмосу подаються на промивку ультрафільтраційної установки. Такий підхід дає змогу раціонально використовувати якісні потоки води, які не містять грубих домішок, а також скорочує кількість утворюваних стічних вод. У результаті знижується навантаження на локальні очисні споруди та зменшуються експлуатаційні витрати.

Удосконалення також торкнулося поводження з концентратами. Концентрат з другого ступеню зворотного осмосу, як і раніше, повертається перед першим ступенем, що дозволяє збільшити ступінь використання води. Концентрат з ультрафільтрації та першого ступеню зворотного осмосу тепер спрямовується до нового елемента системи – бака-усереднювача. Введення цього бака дозволяє стабілізувати склад промивних вод і концентратів, а також забезпечити контрольований режим їхнього відведення або подальшого використання.

Одним з найбільш значущих удосконалень стало встановлення дегазатора. Його основна функція – видалення розчинених газів, насамперед вуглекислого газу та кисню. Це зменшує ризик утворення вугільної кислоти, яка може впливати на кислотність води, а також знижує швидкість корозійних процесів у трубопроводах і ємностях. У результаті покращується якість води на виході та підвищується довговічність обладнання.

Окремої уваги заслуговує новий підхід до поводження з відпрацьованим регенераційним розчином. Замість його скидання передбачено накопичення в спеціальному баку. Далі він передається на електролізну установку, де з нього виготовляється гіпохлорит натрію. Ця речовина має виражену знезаражувальну дію й може використовуватись безпосередньо на підприємстві – наприклад, для

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

санітарної обробки поверхонь або в системах технічного водопостачання. Такий підхід не лише мінімізує втрати реагентів, а й дозволяє скоротити витрати на купівлю дезінфекційних засобів.

Останнім елементом удосконалення стало впровадження бака-усереднювача. У нього подаються всі допоміжні потоки: промивні води з ультрафільтрації, концентрати першого ступеню осмосу, а також частково стоки, які не повертаються в систему. Бак виконує роль буфера, дозволяючи вирівнювати пікові навантаження й уникати коливань у складі стоків.

Запропонована технологічна схема дозволяє значно оптимізувати роботу водопідготовчого комплексу для отримання води для ін'єкцій. Вона забезпечує стабільну якість кінцевого продукту, знижує обсяги стічних вод, мінімізує використання хімічних реагентів, зменшує корозійну активність середовища та дозволяє впровадити внутрішній кругообіг ресурсів. У результаті не лише підвищується надійність системи, а й зменшуються витрати на обслуговування, утилізацію та закупівлю допоміжних речовин.

Усе це робить оновлену схему більш адаптованою до сучасних вимог фармацевтичної галузі, де якість і стабільність води мають вирішальне значення.

2.2 Матеріальний баланс

2.2.1 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Витрата води – 350 м³/добу; сухий залишок - 215 мг/л, жорсткість – 5,7 мг-екв/л, сульфати – 33,12 мг/л, хлориди - 52мг/л , нітрати – 4,02 мг/л, ХСК – 1,8, рН 7,92.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.2.2 Розрахунок матеріального балансу

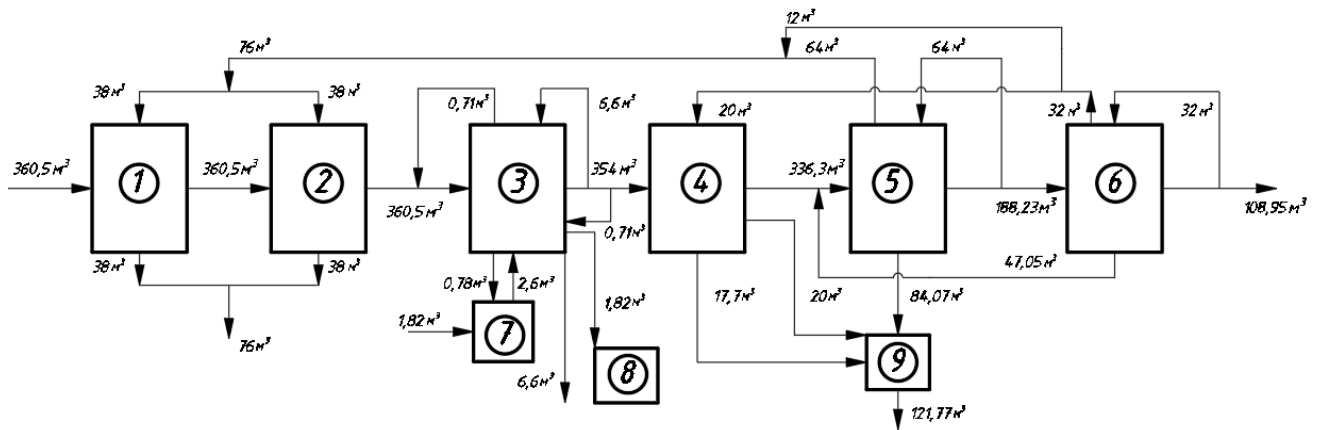


Рисунок 2.2 – блок-схема матеріального балансу

(1 , 2 - механічні фільтри , 3 - катіонообмінний фільтр , 4 - ультрафільтраційна установка , 5 - зворотній осмос низького тиску , 6 - зворотній осмос високого тиску , 7 - витратний бак регенераційного розчину, 8 - бак накопичувач для відпрацьованого регенераційного розчину , 9 - бак-усереднювач стоків)

Повна розрахункова виробнича потужність водоочисної станції, враховуючи витрати води на власні потреби:

$$Q_{\text{заг}} = a \cdot Q_{\text{кор}}$$

де a - коефіцієнт, що враховує витрати води на власні потреби очисної станції. Згідно зі БНіП 2.04.02-84 $a = 1,03 - 1,04$ за повторного використання промивних вод від фільтрів; $a = 1,10 - 1,14$ без їх повторного використання; $Q_{\text{кор}}$ - корисна виробнича потужність станції, $\text{м}^3/\text{добу}$; $Q_{\text{кор}} = 350 \text{ м}^3/\text{добу}$.

$$Q_{\text{заг}} = 1,03 \cdot 350 = 360,5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розрахунок площі фільтрування для швидких фільтрів проводять з урахуванням відключення фільтрів на промивку. При цьому враховується нормальна швидкість фільтрування та швидкість фільтрування в форсованому режимі.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Площа фільтрування, м², розраховується за формулою:

$$F = \frac{Q}{TV_H - 3,6\omega t_1 n - t_2 V_H n} = \frac{360,5}{24 \cdot 4 - 3,6 \cdot 12 \cdot 0,1 \cdot 2 - 0,33 \cdot 4 \cdot 2} = 4,25 \text{ м}^2$$

де Q – об'єм води, який фільтрується за добу, м³; T – час роботи станції протягом доби, T = 24 год; V_H – швидкість фільтрування; ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтрів; t₁ – час промивання фільтру, t₁ = 0,1 год; n – число промивань фільтру, n = 2 або 3; t₂ – час простою фільтрів у зв'язку з промивкою: при водній промивці t₂ = 0,33 год

Число фільтрів визначають за формулою:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{4,25}}{2} \approx 1$$

де F – загальна площа фільтрування

Значення N приймаємо за 4, оскільки значення кількості фільтрів беручи до уваги відключення на промивку не може бути менше 4-х.

$$\text{Площа одного фільтра} - \frac{4,25}{4} = 1,06 \text{ м}^2$$

Витрати води на промивання одного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = \omega \cdot F_1$$

де F – площа одного фільтру (F = 1,06 м²).

$$q_{\text{пром}} = 12 \cdot 1,06 = 12,72 \text{ дм}^3/\text{с}.$$

Якщо врахувати, що для одного фільтру t = 0,1 год. = 6 хв = 360 сек, а n = 2, тоді на добу на промивання одного фільтру витрачається:

$$q'_{\text{пром}} = q_{\text{пром}} \cdot t_1 \cdot n$$

$$q'_{\text{пром}} = 12,72 \cdot 360 \cdot 2 = 9158,4 \text{ дм}^3 = 9,1584 \text{ м}^3.$$

Для 4 фільтрів кількість води на промивання складає на добу:

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$q'_{\text{пром}} = q'_{\text{пром}} \cdot 4 = 9,1584 \cdot 4 = 36,63 \text{ м}^3.$$

Розрахунок фільтр із подрібненого керамзиту

$$F = \frac{Q}{TV_{\text{H}} - 3,6\omega t_1 n - t_2 V_{\text{H}} n} = \frac{360,5}{24 \cdot 4 - 3,6 \cdot 12 \cdot 0,1 \cdot 2 - 0,33 \cdot 4 \cdot 2} = 4,25 \text{ м}^2$$

Кількість фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{4,25}}{2} \approx 1$$

Значення N приймаємо за 4, оскільки значення кількості фільтрів з урахуванням відключення на промивку не може бути менше 4-х.

$$\text{Площа одного фільтра} - \frac{4,25}{4} = 1,06 \text{ м}^2$$

Витрати води на промивання одного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = \omega \cdot F_1$$

де F - площа одного фільтру (F = 1,06 м²).

$$q_{\text{пром}} = 12 \cdot 1,06 = 12,72 \text{ дм}^3/\text{с}.$$

Якщо врахувати, що для одного фільтру t = 0,1 год. = 6 хв = 360 сек, а n = 2, тоді на добу на промивання одного фільтру витрачається:

$$q'_{\text{пром}} = q_{\text{пром}} \cdot t_1 \cdot n$$

$$q'_{\text{пром}} = 12,72 \cdot 360 \cdot 2 = 9158,4 \text{ дм}^3 = 9,1584 \text{ м}^3.$$

Для 4 фільтрів кількість води на промивання складає на добу:

$$q'_{\text{пром}} = q'_{\text{пром}} \cdot 4 = 9,1584 \cdot 4 = 36,63 \text{ м}^3.$$

Розрахунок катіонообмінного фільтру

Робоча ємність іоніту (Г-екв/м³) визначається за формулою:

$$E_p = \alpha * E_{\text{п}} - K q_{\text{п}} C_{\text{п}} = 0,8 * 1850 - 0,5 * 4 * 0,1 = 1479,8 \text{ Г-екв/м}^3$$

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де α – коефіцієнт, який враховує ефективність (повноту) регенерації іоніту (0,6-0,91); $E_{\text{п}}$ – повна динамічна ємність іоніту, г-екв/м³; K – коефіцієнт, який враховує повноту видалення іонів із промивної води, ($K = 0,5$ для катіонітів); $q_{\text{п}}$ – питома втрата води на промивку іоніту, м³/м³ ($q_{\text{п}} = 3-5$ м³/м³); $C_{\text{п}}$ – концентрація іонів у промивній воді, г-екв/м³.

Об'єм іоніту у фільтрах (м³) розраховується за формулою:

$$W = \frac{Q * (C_{\text{поч}} - C_{\text{пр}})}{n * E_p} = \frac{360,5 * (5,7 - 0,1)}{1 * 1479,8} = 1,32 \text{ м}^3$$

Де Q – об'єм води, який знесолюють протягом доби, м³; $C_{\text{поч}}$ – початкова концентрація даного типу іонів у воді, г-екв/м³; $C_{\text{пр}}$ – концентрація проскоку даного типу іонів, г-екв/м³; n – число регенерацій фільтру протягом доби.

Витрата води на промивку фільтру після регенерації дорівнює 5 об'ємам на 1 об'єм іоніту:

$$Q_{\text{пр}} = 5 * W * 1 = 5 * 1,32 * 1 = 6,6 \text{ м}^3$$

Витрата реагенту на регенерацію фільтру в одному циклі визначаємо за формулою:

$$G_p = \frac{W}{10 * m} * E_p * N * q_p = \frac{1,32}{10 * 10} * 1479,8 * 58,5 * 2,5 * 10^{-3} = 2,85 \text{ т/доби}$$

Де m – концентрація реагенту, %; q_p – питома витрата реагенту на регенерацію іоніту, г-екв/г-екв; N – еквівалентна маса реагенту, г-екв

Об'єм хлориду натрію, що витрачається на регенерацію фільтру:

$$V_p = \frac{G_p}{\rho} * n = \frac{2,85}{1,07} * 1 = 2,6 \text{ м}^3$$

Де ρ – густина розчину 10%-го натрій хлориду, т/м³.

Площу катіонітових фільтрів, м² визначають за формулою:

$$F = \frac{W}{H_k} = \frac{1,32}{2} = 0,66 \text{ м}^2$$

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Витрата води на спущення іоніту:

$$q_B = \frac{60}{1000} * F * I * t = \frac{60}{1000} * 0,66 * 3 * 6 = 0,71 \text{ м}^3$$

Де F – площа фільтру, м²; I – інтенсивність подачі води на спущення, дм³/(с*м²); I = 3 дм³/(с*м²); t – час спущення іоніту, хв; t = 6 хв.

Розрахунок ультрафільтрації:

Об'єм концентрату, який утворюється в процесі ультрафільтрації при ККД = 95% обчислюється за формулою:

$$Q = Q_{\text{заг}} * 0,05$$

,де Q – кількість води, що подається на ультрафільтрацію, м³

$$Q_{\text{уф}} = 354 * 0,05 = 17,7 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Середня тривалість ультрафільтрації становить 30-90 хвилин. Прийmemo що мембрани промивють 5 хвилин кожену годину. Витрата води при цьому становить $q_B = 10 \text{ м}^3/\text{год}$. За формулою розрахуємо витрату води на промивку фільтра

$$q_{\text{пр. уф}} = \frac{24 * q_B * 5}{60}$$

$$q_{\text{пр. уф}} = \frac{24 * 10 * 5}{60} = 20 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розрахунок зворотнього осмосу низького тиску

Об'єм концентрату, який утворюється після зворотнього осмосу, при ККД = 75% обчислюється за формулою

$$Q_{\text{зв.ос}} = Q_{\text{заг}} * 0,25$$

,де Q_{заг} – кількість води, що подається на зворотній осмос, м³

$$Q_{\text{зв.ос}} = 336,3 * 0,25 = 84,07 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вода проходить крізь стадію зворотнього осмосу за 2-3 години, в

										ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
											25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

середньому мембрани промиваються раз в дві години протягом 5 хвилин. Витрата води при цьому становить $q_v = 32 \text{ м}^3/\text{година}$

За формулою розрахуємо витрату води на промивку апарату зворотнього осмосу:

$$q_{\text{пр. ос}} = \frac{T_o * q_v * 3}{60}$$

$$q_{\text{пр. ос}} = \frac{24 * 32 * 5}{60} = 64 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

Розрахунок апарату зворотнього осмосу високого тиску

Об'єм концентрату, який утворюється після зворотнього осмосу, при ККД = 90 % обчислюється за формулою

$$Q_{\text{зв.ос}} = Q_{\text{заг}} * 0,2$$

,де $Q_{\text{заг}}$. – кількість води, що подається на зворотній осмос м^3

$$Q_{\text{зв.ос}} = 188,23 * 0,25 = 47,05 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вода проходить крізь стадію зворотнього осмосу за 2-3 години, в середньому мембрани промиваються раз в дві години протягом 5 хвилин. Витрата води при цьому становить $q_v = 16 \text{ м}^3/\text{год}$

За формулою розрахуємо витрату води на промивку апарату зворотнього осмосу:

$$q_{\text{пр. ос}} = \frac{T_o * q_v * 3}{60}$$

$$q_{\text{пр. ос}} = \frac{24 * 16 * 5}{60} = 32 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

Результати матеріального балансу наведені в таблиці 2.3.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 2.3 Результати матеріального балансу

Назва потоку	Значення
	м ³ /добу
I. подача води на очистку	360,5
II. подача води на механічні фільтри	360,5
III. подача води на промивку механічних фільтрів	76
IV. подача води на іонообмінний фільтр	360,5
V. подача води на промивку іонообмінного фільтра	6,6
VI. Об'єм 10-% хлориду натрію, що витрачається на регенерацію іонообмінної смоли	2,6
VII. витрата води на спущення іоніту	0,71
VIII. подача води на ультрафільтрацію	354
IX. Відведення концентрату з ультрафільтрації	17,7
X. витрата води на промивку фільтра ультрафільтрації	20
XI. подача води на зворотній осмос низького тиску	336,3
XII. Відведення концентрату зворотнього осмосу	84,07
XIII. витрата води на промивку осмосу низького тиску	64
XIV. подача води на зворотній осмос високого тиску	188,23
XV. Відведення концентрату з осмосу високого тиску	47,05
XVI. витрата води на промивку осмосу високого тиску	32
XVII. Відведення відпрацьованого регенераційного розчину на утилізацію	1,82
XVIII. Повернення регенераційного розчину	0,78
XIX. Повернення концентрату другого ступеню	47,05
XX. Скид концентратів у внутрішню каналізацію	121,77
XXI. Скид промивних вод у внутрішню каналізацію	76
XXII. подача очищеної води в цех виробництва ін'єкційних препаратів	108,95

2.3 Теоретичні дані про фізичні, хімічні та біологічні процеси що реалізуються в даній технологічній схемі

Механічне фільтрування на початковому етапі водопідготовки слугує бар'єром для затримання нерозчинених домішок, що надходять разом із сирою водою. Це можуть бути пісок, іржа, глина, мікрофлор, залишки органіки та інші тверді частинки. Вилучення цих забруднень – необхідна умова для стабільної роботи всіх наступних ступенів очищення, адже наявність завислих речовин швидко призводить до забивання мембран, зниження пропускної здатності колон, утворення біоплівки і прискореного зношення обладнання.

Фільтрація здійснюється в напірних корпусах, заповнених фільтрувальним завантаженням. У конкретній схемі використовуються два послідовні фільтри, що працюють у безперервному режимі, забезпечуючи високу швидкість обробки без втрати якості. Це дозволяє рівномірно розподіляти навантаження і гарантувати стабільну очистку навіть за змінних характеристик вхідної води.

Використовується зернисте завантаження з фракційованого кварцового піску, антрациту або комбінованих шарів різної щільності. Завдяки градієнту зернистості досягається ефективне утримання широкого діапазону частинок – від великих фрагментів до найдрібніших завислих домішок. Вода проходить крізь шари фільтруючого матеріалу зверху вниз, при цьому тверді включення осідають у порах завантаження, а очищена вода спрямовується далі.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

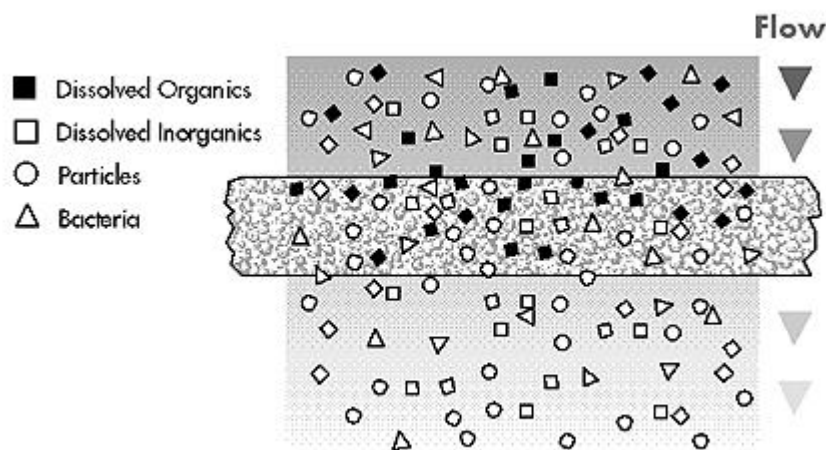


Рисунок 2.3 – Схематичне зображення принципу дії механічних фільтрів

Періодична зворотна промивка необхідна для відновлення фільтрувальної здатності шару. Під час промивання подається вода або вода з повітрям знизу вгору, що дозволяє відшарувати й винести накопичені забруднення. Режим, тривалість і інтенсивність промивання визначаються ступенем забруднення та типом завантаження. Автоматичні клапани та програмовані контролери забезпечують точне дотримання параметрів і своєчасне перемикання режимів.

Два фільтри, що працюють у каскаді, дають можливість реалізувати ефект послідовного доочищення. Перший зупиняє основну масу механічних домішок, другий виконує функцію фінішної поліровки. Такий підхід забезпечує на виході стабільний рівень прозорості навіть за ускладнених умов забору води.

Ультрафіолетова дезінфекція води передбачає знищення мікроорганізмів без використання хімічних реагентів, лише за рахунок дії короткохвильового ультрафіолетового випромінювання. Основний принцип полягає у порушенні структури ДНК бактерій, вірусів та грибків під дією випромінювання з довжиною хвилі 254 нм. Після опромінення патогенні клітини втрачають здатність до розмноження і гинуть, навіть якщо зберігається їхня фізична присутність у потоці.

Установки для УФ-обробки зазвичай представляють собою герметичні проточні камери з вмонтованими джерелами випромінювання – низько- або середньотисковими ртутними лампами. Вода надходить у корпус і рівномірно омиває джерело УФ-світла, проходячи при цьому крізь зону інтенсивного бактерицидного впливу. Кварцове скло, що захищає лампи, не блокує ультрафіолетові промені, але водночас оберігає випромінювачі від прямого контакту з водою.

Оптимальний ефект досягається за умови достатньої прозорості потоку. Висока мутність, забарвлення або наявність завислих частинок знижують ефективність опромінення, оскільки ультрафіолет поглинається перед тим, як встигне досягти мікроорганізмів.

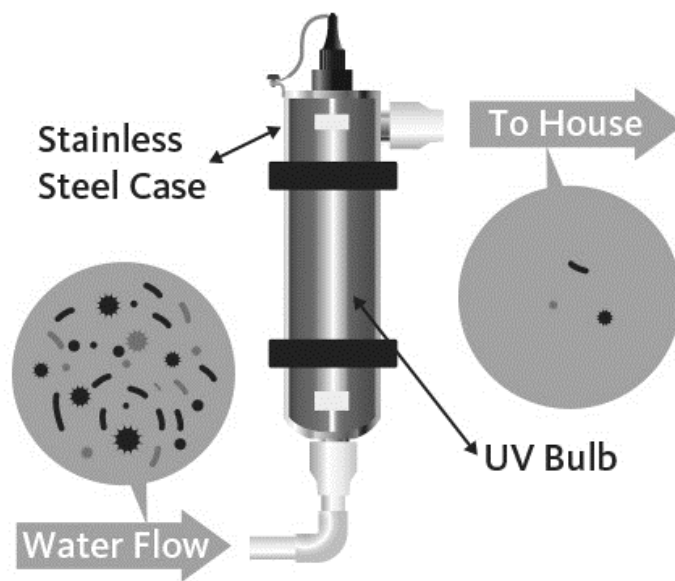


Рисунок 2.4 – Схематичне зображення принципу дії ультрафіолетового стерилізатора

Бактерицидна доза, що подається, залежить від потужності ламп і швидкості потоку. Системи оснащуються контролерами, які забезпечують автоматичне регулювання інтенсивності випромінювання, урахування напрацювання ламп,

сигналізацію несправностей або зниження дози нижче заданого порогу. Для забезпечення безперервності роботи застосовується резервування ламп або дублювання каналів.

Термін служби випромінювачів зазвичай становить близько 8–12 місяців безперервної експлуатації, після чого лампи потребують заміни. За цей період інтенсивність випромінювання поступово знижується, тому сучасні системи обладнуються датчиками УФ-інтенсивності, які дозволяють точно фіксувати момент втрати ефективності.

Ще однією важливою умовою стабільної роботи є регулярне очищення захисних колб. Для цього передбачаються автоматичні механічні щітки або хімічні протокові системи. Порушення чистоти скляної поверхні одразу ж знижує прозорість і призводить до недостатньої дезінфекції.

УФ-обробка повністю виключає ризик передозування або появи шкідливих побічних продуктів, на відміну від хлорування чи озонування. Саме це робить технологію особливо привабливою в умовах виробництва води для ін'єкцій – де недопустимі навіть сліди хімічних реагентів у готовому продукті. Після УФ-опромінення вдається значно знизити загальне мікробне число, і, що важливо, не допустити проростання біоплівки у наступних вузлах системи.

Іонообмінне пом'якшення води належить до ключових етапів у схемі очищення, коли потрібно вилучити солі жорсткості, що перешкоджають роботі мембран і можуть спричинити відкладення на всіх поверхнях, які контактують із водою. Основними причинами жорсткості є іони кальцію та магнію, які утворюють малорозчинні сполуки та активно осідають у трубопроводах, фільтрах і на мембранних модулях. Щоб уникнути таких наслідків, у системі застосовується Na-катіонна установка – надійний інструмент для ефективного пом'якшення води.

					<i>ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		31

Принцип дії ґрунтується на процесі йонного обміну. Вода проходить через шар спеціальної смоли, яка містить обмінні катіони натрію. Коли кальцій або магній із води потрапляють у контакт із цими смолами, вони заміщуються натрієм. У результаті замість нерозчинних карбонатів або сульфатів кальцію утворюються розчинні сполуки натрію, які легко видаляються на наступних ступенях очищення. При цьому самі іони жорсткості залишаються зв'язаними в іонообмінному шарі, поступово вичерпуючи його обмінну ємність.

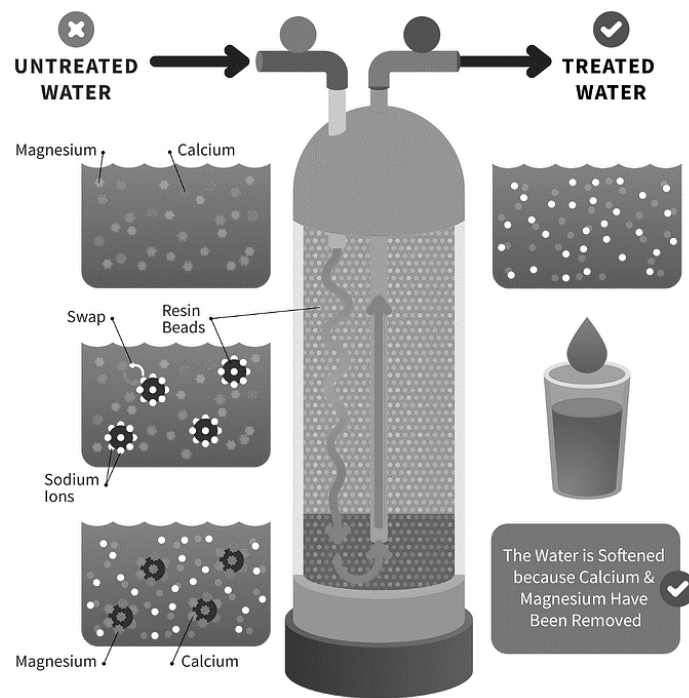


Рисунок 2.5 – Схематичне зображення приципу дії Na-катіонного пом'якшення води

Після певного часу роботи смола насичується кальцієм і магнієм і втрачає здатність до обміну. Для відновлення її властивостей проводиться регенерація – обробка смоли розчином хлориду натрію. У процесі зворотної реакції іони натрію витісняють із смоли зв'язані кальцій і магній, після чого відновлений обмінний шар знову готовий до роботи.

Розчин для регенерації готується з харчової солі або таблетованого натрію, який розчиняється до потрібної концентрації. Цей розчин подається знизу догори крізь іонообмінний шар, що забезпечує рівномірну регенерацію по всій висоті фільтра. Після регенерації проводиться промивка, що дозволяє вилучити надлишки розчину з установки та забезпечити стабільну якість води на виході.

У новій схемі особливу увагу приділено поводженню з відпрацьованим розчином, який утворюється після регенерації. Замість його скидання в каналізацію, як це було раніше, впроваджено електроліз як метод подальшої переробки. Це дає змогу частково відновлювати хлориди та натрій, а також зменшити об'єм рідких відходів.

Іонообмінна установка забезпечує стабільний рівень залишкової жорсткості у воді – не вище ніж 0,2 мг-екв/дм³. Цей показник відповідає вимогам до води для ін'єкцій і дозволяє уникати проблем, пов'язаних із карбонатними і сульфатними відкладеннями. До того ж зменшення жорсткості суттєво підвищує ефективність роботи зворотного осмосу, знижуючи частоту мембранного фолінгу та подовжуючи термін служби модулів.

Такий підхід гарантує, що навіть при коливаннях жорсткості вхідної води, вихідна якість залишатиметься стабільною, що надзвичайно важливо для фармацевтичного виробництва з високими вимогами до чистоти.

Ультрафільтрація застосовується для видалення з води мікробруднень, які неможливо усунути звичайними механічними або адсорбційними методами. До таких речовин належать колоїди, білки, частки біологічного походження, пірогени та віруси. Технологія базується на проходженні води через напівпроникну мембрану з контрольованим розміром пор, що становить від 0,01 до 0,1 мікрона. Речовини, розмір яких перевищує пори мембрани, залишаються на її поверхні, тоді як чиста вода разом із розчиненими низькомолекулярними компонентами проходить далі.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Ultrafiltration

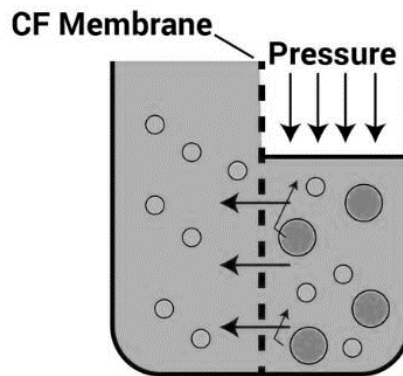


Рисунок 2.6 – Схематичне зображення принципу дії ультрафільтрації

Пропускна здатність мембран вимірюється не лише геометричними параметрами пор, а й молекулярною масою речовин, які здатні пройти через них. Для цього виробники вказують значення молекулярної маси порогового поділу – умовної межі, що характеризує затримувані частинки.

Конструктивно системи ультрафільтрації можуть містити волокнисті або пластинчасті модулі. Найпоширенішими є мембрани з порожнистих волокон, де вода рухається або всередині, або навколо трубчастих структур, залежно від конкретної моделі. Зовнішня або внутрішня фільтрація забезпечує відділення твердих мікрочастинок, тоді як очищена вода просочується крізь стінки волокон.

Ультрафільтрація виконує роль бар'єру між мікрофільтрацією і нанофільтрацією: вона працює з частинками, надто дрібними для механічного фільтра, але ще занадто великими для видалення зворотним осмосом. У системах фармацевтичного водоочищення УФ часто використовують як проміжну ланку, здатну знизити навантаження на наступні мембранні ступені й одночасно забезпечити додаткову мікробіологічну безпеку. Ультрафільтрація ефективно усуває бактерії, віруси, білкові фрагменти, залишки фосфоліпідів, а також нерозчинні органічні комплекси.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Експлуатація УФ-мембран передбачає регулярне проведення промивок – як прямим потоком, так і зворотнім напрямом. Очищення може бути фізичним або хімічним. Фізична промивка видаляє накопичений шар частинок, який формується на поверхні мембрани. Коли цього недостатньо, застосовуються спеціальні мийні розчини. Для органічних речовин використовують лужні мийні засоби з низьким піноутворенням – найчастіше в концентрації до 1% на тривалість 40–60 хвилин. Неорганічні відкладення, як-от солі кальцію або заліза, зазвичай усувають розчинами лимонної або інших органічних кислот (наприклад, щавлевої), інколи – мінеральними кислотами (соляною, сірчаною). Тривалість контакту з кислотами – від 1 до 3 годин, залежно від ступеня забруднення.

Завдяки комбінації точності фільтрації, відсутності використання хімікатів під час роботи й ефективному усуненню бактеріальних і колоїдних домішок ультрафільтрація вважається незамінним етапом у системах підготовки води для ін'єкцій. Особливо цінним є її здатність усувати ендотоксини, що утворюються в результаті руйнування бактеріальних клітин і не затримуються при класичному хлоруванні або фільтрації. Мембрани цього типу також успішно видаляють залишки мікросуспензій пластиків, глини, мінеральних шламів та органіки природного походження, яка може спричинити утворення біоплівки у подальших ланках водопідготовки.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

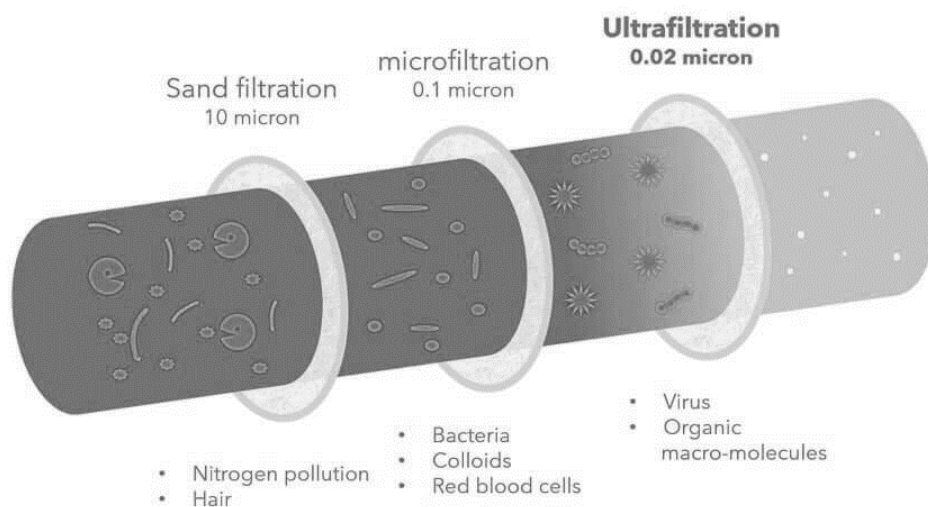


Рисунок 2.7 – Схематичне зображення затримки різного типу домішок при фільтрації

Зворотний осмос використовується як ключовий бар'єр для видалення з води практично всіх типів розчинених домішок – як неорганічного, так і органічного походження. Технологія базується на явищі осмосу, але із застосуванням тиску, який перевищує осмотичний. За рахунок цього вода, що містить розчинені солі, проходить через напівпроникну мембрану у зворотному напрямку – від розчину з більшою концентрацією до меншої. У результаті мембрана пропускає лише молекули води, тоді як більшість йонів, мінералів, мікроорганізмів і органічних сполук залишається у концентраті.

Для очищення води до рівня, необхідного у фармацевтичному виробництві, зазвичай застосовуються дві послідовні сходинки осмотичного очищення: низько- і високотискова. На першому етапі вода очищується від основної маси розчинених солей і органіки. Мембрани цього типу працюють за тиску близько 6–10 бар. Вони затримують до 99 % більшості катіонів і аніонів, а також значну частку

дрібнодисперсних домішок і бактерій. Проте навіть після такого очищення залишаються сліди найдрібніших молекул, зокрема легкорозчинних солей, амонію, бору, кремнію або органіки з малою молекулярною масою.

Другий ступінь – високотисковий зворотний осмос – забезпечує ще більш глибоке очищення, необхідне для досягнення стандартів води для ін'єкцій. Тут тиск на вході може перевищувати 20–30 бар, а мембрани мають посилену стійкість до проникнення навіть найменших розчинених частинок. В результаті досягається наднизький рівень електропровідності, концентрації солей, органіки та біологічних агентів. Крім того, зменшується вміст кремнієвих сполук і слідів елементів, які не були повністю вилучені на попередніх етапах.

Мембрани зворотного осмосу виготовляються з тонкоплівкових композитних матеріалів, зазвичай на основі поліаміду. Їх структура багат шарова, з максимальною щільністю фільтраційної поверхні. Мембрани надзвичайно чутливі до хлору та сильних окисників, тому перед їх використанням необхідно повністю видалити залишкові дезінфектанти або нейтралізувати їх за допомогою натрію бісульфіту.

Під час роботи системи зворотного осмосу частина води не проходить через мембрану, а відводиться як концентрат. Саме в ньому зосереджується основна маса всіх відфільтрованих домішок. В умовах фармацевтичного виробництва така вода не скидається одразу, а спрямовується на повторне використання або утилізацію, залежно від складу та ступеня забруднення.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

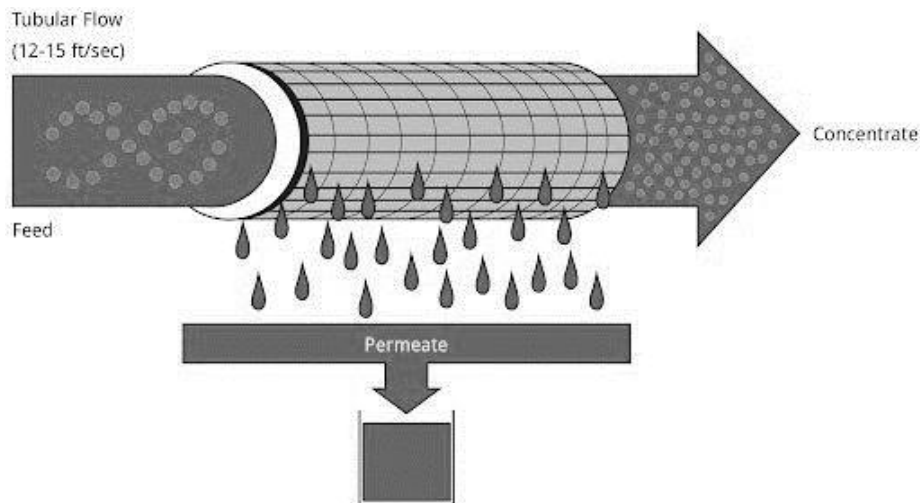


Рисунок 2.8 – Схематичне зображення принципу дії зворотнього осмосу

Для стабільної роботи осмотичних мембран важливо забезпечити правильну підготовку води перед входом у систему. Зокрема, надлишкова жорсткість, залізо або органіка можуть спричинити фолінг – забруднення поверхні мембрани, що знижує її пропускну здатність. Крім того, при недостатньому тиску або перевищенні допустимих значень SDI (індексу щільності шламу) знижується ефективність фільтрації та зростають енерговитрати.

Періодично мембрани потребують хімічного очищення. Для цього застосовуються спеціальні мийні розчини, які циркулюють у зворотному напрямку через корпуси мембран. Алгоритм очищення залежить від типу забруднень – для органіки зазвичай використовують слабколужні склади, а для мінеральних відкладень – слабо- або середньоокислі реагенти.

Комбінування двох ступенів осмосу дозволяє досягти максимальної якості очищення, при цьому зберігаючи ресурс мембран і знижуючи загальне споживання реагентів. Завдяки такому підходу система не лише забезпечує відповідність вимогам до води для ін'єкцій, а й створює стабільну, безпечну та економічно виправдану технологію очищення.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Дегазація використовується для зниження вмісту розчинених газів у воді, зокрема вуглекислого газу (CO_2), який погіршує ефективність наступного етапу очищення – високотискового зворотного осмосу. Присутність CO_2 у пермеаті після першого ступеня зворотного осмосу є типовим явищем, оскільки цей газ проходить крізь мембрани завдяки своїй малій молекулярній масі та відсутності заряду. Якщо не видалити його перед другим ступенем, це може призвести до підвищеної кислотності води, додаткового навантаження на мембрани та зниження ефективності вилучення залишкових домішок.

Для видалення вуглекислоти застосовується дегазатор мембранного або атмосферного типу. Найчастіше використовуються мембранні дегазатори, які забезпечують високу ефективність вилучення CO_2 без потреби у нагріванні води. Усередині корпусу розташовані порожнисті волокна, через які протікає вода. Назовні волокон створюється вакуум або подається інертний газ, що спричиняє вивільнення розчинених газів згідно з законом Генрі. У результаті вуглекислий газ проходить через пори мембрани в газову фазу, а вода продовжує рух уже зі зниженою концентрацією розчинених газів.

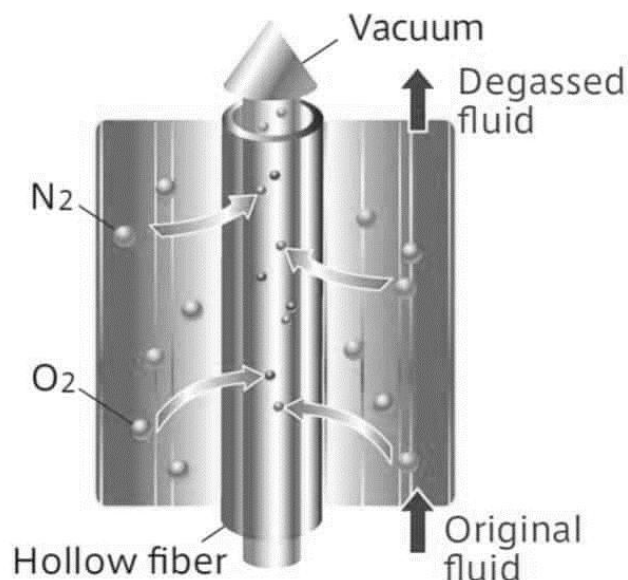


Рисунок 2.9 – Схематичне зображення принципу дії дегазатору

Для досягнення оптимального результату дегазації у фармацевтичній водопідготовці часто застосовується вакуумний режим у поєднанні з продуванням азотом. Такий підхід дозволяє знизити вміст CO₂ до рівня нижче 1 ppm, що значно полегшує роботу наступного ступеня зворотного осмосу. При цьому відсутність кисню у воді сприяє зниженню ризику окислення залишкових металів, а також зменшує ймовірність росту аеробних бактерій.

Дегазаційні модулі виготовляються зі стійких до хімічного впливу матеріалів, найчастіше – на основі фторполімерів або поліпропілену. Вони не потребують спеціальних реагентів для роботи, а їх обслуговування полягає лише у періодичному контролі перепаду тиску, промивці каналів і заміні окремих елементів при зниженні продуктивності. Енергоспоживання систем дегазації мінімальне, особливо якщо застосовується вакуумна технологія без нагріву.

У разі потреби дегазатор може працювати в автоматичному режимі з регулюванням потужності залежно від вхідного рівня CO₂ або зміни продуктивності станції. Підключення до системи контролю якості води дозволяє зменшити витрати та забезпечити стабільний режим роботи без впливу людського фактора.

Загалом дегазація – це важливий технологічний перехід між двома ступенями осмотичної очистки, що гарантує не лише відповідність води санітарним та технічним вимогам, а й подовження ресурсу роботи мембран, зниження витрат на обслуговування та забезпечення стабільності кінцевої якості очищеної води.

					<i>ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

Катіонообмінний фільтр

Таблиця Характеристики катіонообмінного фільтру КУ-2-8

Марка фільтру	Розмір гранул іоніту, мм	Вміст, %		Насипна густина товарного іоніту, т/м ³	Питомий об'єм набряклого іоніту, м ³ /т
		Робочої фракції	вологи		
1	2	3	4	5	6
КУ-2-8	0,315-1,25	93	40-60	0,72-0,8	2,9

Площу катіонітових фільтрів, м² визначають за формулою:

$$F = \frac{W}{H_k} = \frac{1,32}{2} = 0,66 \text{ м}^2$$

Де W – об'єм іоніту у фільтрах, м³; H_к – висота шару катіоніту, м

Діаметр фільтра, м, розраховується за формулою:

$$D = 2 * \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 * \sqrt{\frac{0,66}{3,14}} = 0,91 \text{ м}$$

Де F – площа катіонітового фільтру, м².

Обрано фільтр ФІПа -ІІ- 1,0-0,6

Розрахунок резервуару очищеної води для знезараження

Розрахунок об'єму резервуару починаємо з визначення часу перебування води у резервуарі. Час приймаємо t = 1 год, висоту резервуару приймаємо H = 2 м.

Тоді площа резервуару:

$$F = \frac{q}{N \cdot H} = \frac{4,53}{1 \cdot 2} = 2,26 \approx 2,3 \text{ м}^2$$

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$.

N – кількість резервуарів.

Ширину резервуару приймаємо $B = 2 \text{ м}$

$$L = \frac{F}{B} = \frac{2,3}{2} = 1,15 \approx 1,2 \text{ м}$$

Розрахунок баку-накопичувача промивних вод іонного обміну циліндричної форми

Об'єм на добу – $0,78 \text{ м}^3$

Об'єм на 7 діб - $V_7 = 0,78 \cdot 7 = 5,56 \approx 6 \text{ м}^3$

Відповідний бак-накопичувач має висоту $h = 2$

$$6 = \pi r^2 \cdot 2$$

$$r = 0,9 \text{ м}$$

Розрахунок бакув регенераційного розчину

Об'єм баку регенераційного розчину приймаємо рівним об'єму 10% розчину NaCl = $2,6 \text{ м}^3$. Розраховуємо площу перерізу, приймаємо висоту $h = 1,5 \text{ м}$:

$$F = \frac{W_p}{h} = \frac{2,6}{1,5} = 1,73 \text{ м}^2$$

де W_p - об'єм регенераційного розчину, м^3

Тоді розраховуємо діаметр :

$$D = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{1,73}{3,14}} = 1,48 \text{ м}$$

Розрахунок баку-усереднювача концентратів мембранних апаратів

Приймаємо об'єм усереднювача, виходячи з витрат стічних вод:

$$V = \frac{Q \cdot t}{24} = \frac{121,77 \cdot 1}{24} \approx 5 \text{ м}^3$$

де Q – витрата стічної води, $\text{м}^3 / \text{добу}$; t – час перебування води у камері, год ($t = 1$ год)

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Обчислюємо площу усереднювача за формулою, приймаючи $H = 5$ м, тоді площа становить:

$$F = \frac{V}{H} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ м}^2$$

Приймаючи ширину усереднювача $B = 1,5$ м. довжину усереднювача можна розрахувати за формулою:

$$L = \frac{F}{B} = \frac{2,5}{1,5} = 1,6 \text{ м}$$

Ультрафільтрація

Таблиця 3.1 Характеристики EcoSoft – UF20

Електрична потужність	кВт	0,5
Максимальна температура	°С	40
Мінімальний рівень попередньої очистки від механічних домішок	мкм	150-200
Номінальна потужність	м ³ /год	20
Робочий тиск	бар	2-3
Висота	мм	3200
Ширина	мм	1500
Глибина	мм	3000

Зворотній осмос

Для задоволення потреб виробництва було обрано систему EcoSoft MO-12

Таблиця 3.2 Характеристики EcoSoft MO-12

Продуктивність	м ³ /год	16
Енергоспоживання		380...400 В, 50 Гц
Потужність насосу	кВт	11
Тиск на вході	атм	2-4
Робочий тиск	атм	8-12
Споживання води в робочому режимі	м ³ /год	16-20
Споживання води у режимі промивання	м ³ /год	32-36
Висота	мм	1840
Ширина	мм	4119
Глибина	мм	1376

На апараті встановлені мембрани наднизького тиску типу LG BW 4040 ES, які мають наступні характеристики:

Таблиця 3.3 Характеристики LG BW 4040 ES,

Максимальний вхідний потік	м ³ /год	3,6
Максимальна робоча температура	°С	45
Кількість мембран	шт	4
Максимальний робочий тиск	бар	41
Максимальний перепад тиску	бар	1
Діапазон рН у робочому режимі	од. рН	2-11
Діапазон рН у режимі хімічної промивки	од рН	2-12
Максимальний індекс SDI	SDI	<5
Допустима кількість вільного хлору	мг/л	<0,1

Зворотній осмос високого тиску

Таблиця 3.4 Характеристики Ecosoft MO-6

Продуктивність	м ³ /Год	6
Енергоспоживання		400 В, 50 Гц
Потужність насосу	кВт	7,5
Тиск на вході	атм	2-4
Робочий тиск	атм	10-14
Споживання води в робочому режимі	м ³ /Год	8-10
Споживання води у режимі промивання	м ³ /Год	16-20
Висота	мм	1800
Ширина	мм	2600
Глибина	мм	1550

На апараті встановлені мембрани високого тиску типу **Toray TM720D-440**, які мають наступні характеристики:

Таблиця 3.5 Характеристики **Toray TM720D-440**

Максимальна робоча температура	°С	45
Кількість мембран	шт	5
Максимальний робочий тиск	бар	41
Максимальний перепад тиску	бар	0,9
Діапазон рН у робочому режимі	од. рН	2-11
Діапазон рН у режимі хімічної промивки	од рН	1-13
Затримання солей	%	>99,3
Допустима кількість вільного хлору	мг/л	<0,1

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Дегазатор

Для видалення газів було обрано мембранний дегазатор Liqui-Cel 10x28

Таблиця 3.6 Характеристики Liqui-Cel 10x28

Максимальна потужність	м ³ /год	16
Максимальна робоча температура	°C	45
Максимальний робочий тиск	бар	4
Електрична потужність	кВт	0,4
Видалення CO ₂	%	97
Висота	мм	1450
Ширина	мм	400
Глибина	мм	400

Ультрафіолетовий стерилізатор

Для потреб виробництва був обраний Wedeco ВХе 140

Таблиця 3.7 Характеристики 3.5 Wedeco ВХе 140

Максимальна потужність	м ³ /год	15
Максимальна робоча температура	°C	45
Максимальний робочий тиск	бар	6
Електрична потужність	кВт	0,9
Довжина хвилі УФ-випромінювання	нм	254
Бактерицидна доза	мДж/см ²	≥ 60
Висота	мм	1200
Ширина	мм	400
Глибина	мм	400

У складі водопідготовчої установки передбачено використання низки насосних агрегатів, які забезпечують транспортування води та регенераційних розчинів відповідно до вимог матеріального балансу. Підібрані моделі забезпечують необхідну продуктивність, напір, хімічну стійкість та надійність роботи у безперервному режимі.

Wilo CronoNorm-NL 40/160-4/2 – горизонтальний консольний насос з продуктивністю 16 м³/год, напором 25 м, частотою обертання 2900 об/хв, потужність електродвигуна – 3 кВт. Корпус із сірого чавуну, робоче колесо з бронзи, ущільнення торцеве. Забезпечує циркуляцію між блоками фільтрації та подачу дренажу.

Grundfos CRN 5-9 A-FGJ-G-E-HQQE – вертикальний багатоступінчастий насос з продуктивністю 15 м³/год, напором 36 м, частотою обертання 2900 об/хв. Потужність двигуна – 4 кВт. Матеріали, що контактують з рідиною, виконані з нержавіючої сталі AISI 316L, що забезпечує стійкість до регенераційного розчину.

Lowara e-SVI 10SV05T/D – вертикальний багатоступінчастий насос з продуктивністю 16 м³/год, напором 20 м, частотою обертання 2900 об/хв, потужність 3 кВт. Матеріали корпусу – AISI 304, ущільнення – EPDM. Застосовується для подачі на мембранні модулі УФ.

Grundfos CR 10-8 A-PGJ-G-E-HQQE – насос високої продуктивності для попереднього осмосу, витрата до 16 м³/год, напір 55 м, потужність електродвигуна – 5,5 кВт. Корпус з нержавіючої сталі AISI 316L, ущільнення карбон/кераміка.

CAT Pumps 3CP1130 – триплунжерний насос з продуктивністю 0,8 м³/год при тиску до 100 бар, що забезпечує подачу пермеату в умовах високого опору мембран. Потужність електродвигуна – 4 кВт. Головка з нержавіючої сталі, ущільнення – Viton. Використовується для подачі частини потоку з блоку 5.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

ProMinent Beta 4 BT4b 1601 PVT – мембранний дозуючий насос з продуктивністю до 16 л/год, тиском до 10 бар. Електродвигун 0,06 кВт. Призначений для дозованої подачі розчину NaCl у блок іонообміну Pedrollo TOP Vortex GM – дренажний насос для агресивного середовища з продуктивністю до 1,5 м³/год, напором 7 м, потужністю 0,37 кВт. Корпус з технополімеру, поплавковий вимикач, робоче колесо типу Vortex.

Wilо Rеха CUT S06-10/M06-523/A – каналізаційний насос з ріжучим механізмом, продуктивність до 18 м³/год, напір 12 м, електродвигун 1,5 кВт. Корпус з чавуну, робоче колесо – нержавіюча сталь. Забезпечує перемішування та подачу концентрату на подальшу утилізацію.

4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Теплотехнічний розрахунок товщини зовнішньої стінки

Таблиця 4.1 – Завдання для виконання креслень плану та розрізів промислової будівлі

Кількість поверхів	Кількість прогонів	Прогін, м	Крок колон, м	Висота поверху, м	Довжина будівлі, м
1	2	18	12	12,6	120

Визначаємо R_0 :

$$R_0 = (T_B - T_3) / (T_n * L_B)$$

Де T_B - розрахункова температура повітря всередині приміщення, К

$T_B = 16-18^\circ\text{C}$ для промислових підприємств;

T_3 – розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, К;

T_n - нормований температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні конструкції, К;

L_B – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни, $L_B=8,722$ Вт/(м² ·К).

$$R_0 = \frac{(16 - (-25))}{(8 * 8.722)} = 0,59 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}$$

Визначаємо товщину стіни для одношарових конструкцій:

$$T = M(R_0 - 1/L_B + 1/L_3)$$

M -коефіцієнт теплопровідності матеріалу стіни;

L_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни, $L_3=23,26$ Вт/(м²*К);

$$T = 0.76(0.59 - \frac{1}{8.722} + \frac{1}{23.26}) = 0.39 \text{ см}$$

Обираємо остаточне значення товщини стіни, оскільки стіни цегляні, то значення обираємо 510мм.

Далі перевіряємо правильність прийнятої масивності стіни:

$$D = R_1 * S_1 + R_2 * S_2 + \dots + R_n * S_n$$

$$D = 0.51 * 9.73 = 4.96 \approx 5 - \text{середньої масивності}$$

4.2 Розрахунок площі адміністративно-побутових приміщень

Таблиця 4.2 - Площа адміністративно-побутових приміщень

	Приміщення та обладнання	Розрахункова кількість працюючих	Норми на		Потрібно	
			одиницю обладнання			
			людей	М ²	Одиниць обладнання	М ²

Побутові приміщення для чоловіків

1	Гардеробні приміщення:					
	Для вуличного та домашнього одягу, шафи	17	1	1	17	17
	Для робочого одягу, шафи	17	1	1	17	17
2	Душові приміщення, душові сітки	7	3	5	3	15
3	Вмивальні приміщення, вмивальники	7	20	1,5	1	1,5
4	Вбиральні, унітази	7	15	4	1	4

Побутові приміщення для жінок

5	Гардеробні приміщення:					
	Для вуличного та домашнього одягу, шафи	9	1	1	9	9
	Для робочого одягу, шафи	9	1	1	9	9

зберігання вуличного та робочого одягу. Жіночі та чоловічі душові приміщення і вбиральні розташовані окремо. Згідно з нормами чоловіча і жіноча вбиральня мусить мати по одному туалету, площа яких становить по 4 м². В душових приміщеннях повинно бути душові кабінки для чоловіків та для жінок. Площа душової кімнати становить 15 м². Вмивальне приміщення займає площу 1,5 м² і облаштоване одним вмивальником. Кабінет начальника цеху займає 12 м², а кімната майстрів – 12 м².

4.4 Конструктивне вирішення будівлі

При проектуванні були використані:

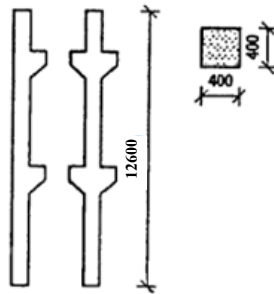


Рисунок 5.1 – Основні колони

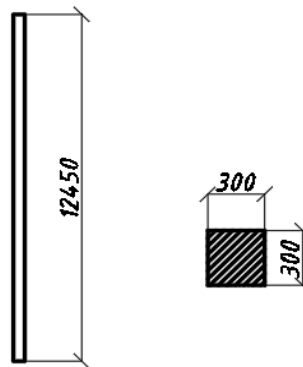


Рисунок 5.2 – Колони фахверку

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

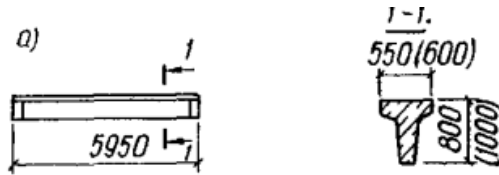


Рисунок 5.3 - Залізобетонні підкранові балки

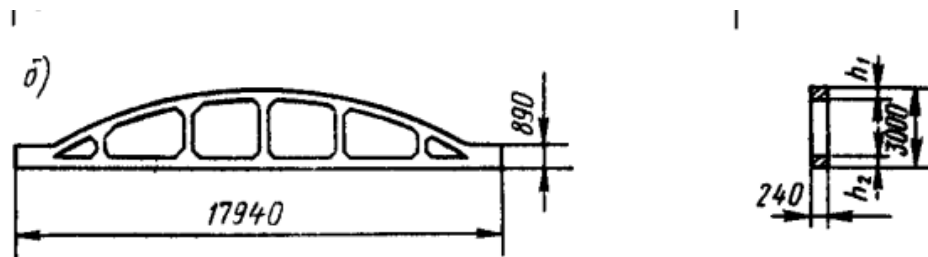


Рисунок 5.4 - Стропильна ферма: берзоскоса

Для покриття одноповерхових виробничих будівель із прогоном 12 м застосовують ребристі плити.

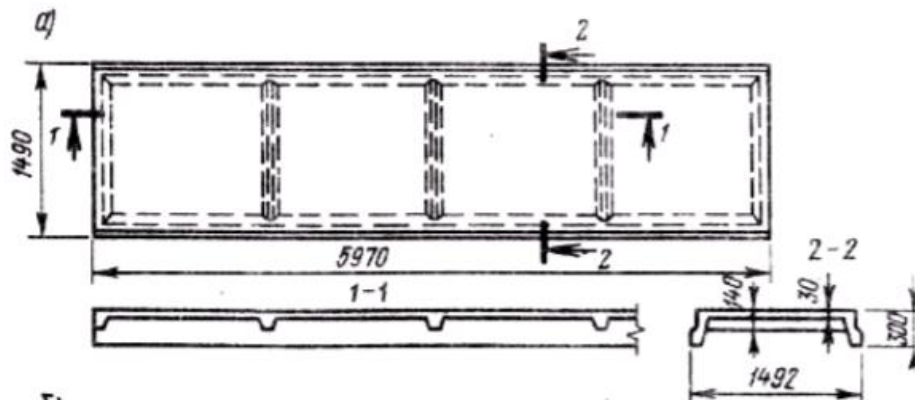


Рисунок 5.5 – Залізобетонна плита покриття розмірами 1.5х6 м

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Контроль виробничого процесу

На підприємстві впроваджено та успішно діє триступеневий контроль з охорони праці: 1 рівень. Контроль на рівні бригадира, майстра та начальника зміни. Перед початком зміни вони мають впевнитися в тому, чи відповідають умови праці встановленим нормам: безпечний стан обладнання, працездатність систем вентиляції, належний стан виробничих приміщень. 2 рівень. Контроль щотижня здійснюється на рівні керівництва цеху. 3 рівень. Контроль відбувається на рівні керівництва підприємства.

Під керівництвом виконавчого директора сформована комісія, до якої входять спеціалісти відділу з охорони праці, фахівці технічних служб, таких як відділу капітального будівництва, відділу головного механіка та відділу головного енергетика. Така комісія щомісяця здійснює комплексні перевірки стану охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки в основних, допоміжних цехах, лабораторіях на підприємстві згідно із затвердженим графіком .

Захист та безпека працівників

Використання спецодягу – обов'язкова умова допуску до роботи. Працюючи з хімікатами або біологічно небезпечними речовинами, надягають кислотостійкі халати, рукавички, окуляри або захисні щитки.

У приміщеннях із ризиком розливів укладають протикорозійне покриття, а взуття має не ковзати. Відповідно до затвердженого переліку спеціального одягу , спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам АТ “Фармак” безкоштовно надаються такі засоби індивідуального захисту як : комбінезон або костюм, фартух прогумований, навушники, захисні окуляри, кепка з логотипом компанії, черевики шкіряні на неслизькій підошві, рукавиці комбіновані.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Взимку у випадку залучення працівників для виконання зовнішніх робіт додатково надаються : брюки утеплені , шапка з логотипом компанії , черевики утеплені на неслизькій підшві та куртка утеплена.

Зберігання та поводження з реагентами

Місце для зберігання реагентів повинно відповідати низці вимог, які забезпечують безпечну використання , зручне обслуговування та охорону праці персоналу. Передусім необхідно передбачити ізольоване приміщення з достатньою вентиляцією, щоб уникнути скупчення парів хімічних речовин у випадку їх витікання або роботі з ними. Стіни, підлога та стеля повинні бути виготовлені з матеріалів, стійких до впливу кислот, лугів та агресивних середовищ, легко піддаватися санітарній обробці й мати гладке покриття без тріщин.

В місцях зберігання та використання небезпечних реагентів облаштовується аварійна вентиляція, яка вмикається при перевищенні граничнодопустимих концентрацій парів у повітрі. Оскільки мова йде про виробництво на якому працюють з великими об'ємами води то електропроводка повинна бути захищена від контакту з рідинами, а всі розетки – вологозахищеними.

Для зберігання реагентів передбачаються спеціальні окремі складські приміщення з вентиляцією та датчиками забрудненості повітря. Усі ємності повинні мати маркування із зазначенням назви речовини, концентрації, дати постачання та терміну придатності. Зберігання несумісних речовин разом заборонене . Для рідких реагентів, які постачаються в каністрах або бочках, передбачено наявність піддонів для аварійного збирання проливів. У зоні підготовки розчинів облаштовано водопровід зі скидом у внутрішню каналізацію

Кваліфікація робочого персоналу

					<i>ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56

На АТ “Фармак” проводяться періодичні навчання з охорони праці по різним напрямкам керівників та спеціалістів, а також спеціальне навчання робітників, які виконують роботи підвищеної небезпеки. Щоб уникнути нещасних випадків, персонал проходить вступний інструктаж, навчання з надання першої допомоги та перевірку знань правил техніки безпеки. Ведеться журнал допусків до роботи з обладнанням під тиском, з хімічно активними речовинами та з енергетичними установками. Щокварталу проводиться аудит охорони праці з виявленням слабких місць і оновленням засобів індивідуального захисту.

З метою створення безпечних умов праці на робочих місцях на підприємстві періодично проводиться: атестація робочих місць за умовами праці, здійснюється аналіз та плануються роботи з приведення робочих місць у відповідність до встановлених норм; скорочення відсотка ручної праці шляхом механізації вантажнорозвантажувальних робіт, транспортування допоміжних матеріалів, задіяних під час виробництва

Зниження рівня шуму на виробництві

Для зниження шуму в промислових умовах на підприємствах використовується п'ять методів: зменшення шуму в джерелі його виникнення: зміна напрямку випромінювання від джерела шуму, будівельно-акустичний, зменшення шуму на шляху його розповсюдження, використання засобів індивідуального захисту. Зменшення шуму в джерелі його виникнення найбільш раціональне. Конкретний спосіб зменшення шуму вибирають з урахуванням його походження. Шум, який з'являється від технологічного обладнання, може бути викликаний механічним, аеродинамічним та магнітним процесами. Причинами механічного шуму є вібрація машин і обладнання .

Для контролю даних параметрів було розроблено відповідні санітарні норми з урахуванням сучасних наукових досліджень, а також нормативно-методичних документів . ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму,

					<i>ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

ультразвуку та інфразвуку» норми поширюються на шум, інфра- та ультразвук, що передаються через повітря (газове середовище), рідке чи тверде середовище і впливають на людину в процесі трудової діяльності. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» поширюються на загальну та локальну вібрацію, що впливає на людину в процесі трудової діяльності та є обов'язковими до виконання згідно до закону України «Про охорону праці» та «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення України».

В межах виробничої зони та АТ «Фармак» шуми в основному належать до аеродинамічних. Джерелами аеродинамічних шумів є відцентрові та осьові вентилятори, компресорні агрегати та ін. Щоб зменшити аеродинамічний шум, необхідно покращити аеродинамічні характеристики машин та агрегатів, встановити глушники, ізолювати джерела звукопоглинальними матеріалами. Також для людей що працюють у відповідних виробничих умовах передбачена безкоштовна видача спеціальних шумопоглинаючих беруш та обмежений час знаходження у даній виробничій зоні без беруш.

Забезпечення нормального мікроклімату

Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без активації механізмів терморегуляції. Вони створюють відчуття теплового комфорту та забезпечують передумови для високого рівня працездатності. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» регламентують величини оптимальних і допустимих показників мікроклімату і встановлюють вимоги до методів визначення цих параметрів та їх оцінки.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

У виробничих зонах дотримуються параметрів вологості, температури та циркуляції повітря. Прилади контролюються автоматично, а у разі відхилень від нормального режиму надходить звукове та візуальне попередження. Завдяки цьому вдається уникати теплового навантаження, перегріву чи переохолодження працівників, що може призвести до зниження працездатності або травм.

Освітлення робочої зони

Раціональне освітлення приміщень і робочих місць - один з найважливіших елементів сприятливих умов праці. При правильному освітленні підвищується продуктивність праці, покращуються умови безпеки, зменшується втомленість. Недостатнє освітлення сприяє передчасному втомленню, погіршує: увагу працюючого, продуктивність праці, якісні показники, і може стати причиною нещасного випадку

Оптимальна яскравість світла для виробничих зон – від 300 до 500 лк. У лабораторіях або на ділянках візуального контролю іноді доводиться підвищувати рівень освітленості до 750–1000 лк. Це дозволяє уникати помилок, зменшує втому очей і знижує ризик професійних захворювань зору.

Джерела світла підбирають із урахуванням температурного режиму, вологості та наявності хімічно активних парів, а також багатьох інших факторів з урахуванням відповідності ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Найчастіше використовуються світлодіодні лампи із захисними корпусами класу IP65 і вище. Такі світильники не реагують на коливання температури, не перегріваються, не мерехтять і мають тривалий ресурс роботи.

У вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зонах (наприклад, поблизу складів з етанолом чи іншими легкозаймистими реагентами) встановлюються

					<i>ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

світильники у вибухозахищеному виконанні. Вони мають посилене герметичне ущільнення, захист від іскроутворення й антистатичне покриття.

Пожежна безпека

Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», Категорія приміщень - Д (Понижено пожежонебезпечна) – найбільш безпечна з усіх можливих але не слід нехтувати пожежною небезпекою. На підприємстві повинні бути відповідні засоби орієнтації та сигналізації, необхідно правильне розташування засобів пожежогасіння та направляючих табличок. Засоби для сповіщення або пожежогасіння повинні бути розміщені по всій території для уникнення аварійних ситуацій.

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку на підприємстві повинні бути розміщені первинні засоби пожежогасіння а саме вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного матеріалу, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати).

Також усі електричні прилади та устаткування повинно бути обладнано так щоб унеможливити появи іскрового розряду у місцях з легкозаймистими матеріалами.

					<i>ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		60

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті розглянуто актуальні технічні рішення щодо водопідготовки для виробництва води для ін'єкцій. Увага зосереджена на оновленні технологічної схеми, оптимізації основних процесів з метою ефективного використання водних потоків та безпечному поводженні з рідкими відходами.

Процеси очищення організовано в окремому технологічному приміщенні, де з урахуванням санітарних зон передбачено лінійне розташування обладнання. Планування забезпечує простоту обслуговування, зручність ревізійних робіт і мінімізацію ризиків мікробіологічного вторинного забруднення.

Оновлення схеми також позитивно вплинуло на економіку підприємства. Завдяки зниженню споживання хімікатів, зменшенню втрат води та оптимізації витрат електроенергії вдалося знизити собівартість очищеної води без шкоди для якості. При цьому рівень автоматизації процесу дає змогу стабільно підтримувати параметри води на виході, скорочуючи втручання обслуговуючого персоналу.

У результаті реалізації проєкту сформовано технологічно обґрунтовану, надійну та безпечну систему підготовки води для ін'єкцій. Обладнання підібрано з урахуванням довгострокової експлуатації, можливості масштабування та подальшої інтеграції з іншими ділянками фармацевтичного виробництва. Цех водопідготовки спроектовано відповідно до вимог належної виробничої практики, що гарантує як стабільність якості води, так і дотримання принципів GMP.

Врешті-решт, запропоновані рішення не лише відповідають технічним та регуляторним стандартам, а й створюють підґрунтя для екологічно й економічно збалансованої роботи водопідготовчої установки у складі сучасного фармацевтичного виробництва.

					ДП ЛЦ11.00.015 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

