

ЗМІСТ

стор.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА.....	10
2. Характеристика виробленої продукції, вихідної сировини та напівпродуктів, матеріалів, енергетичних ресурсів	15
2.1 Характеристика вихідної сировини	15
2.2 Характеристика продукції	17
2.3 Характеристика активованого вугілля.....	22
2.4 Характеристика солі для регенерації катіонітового фільтру	23
3. Характеристика прийнятого методу виробництва, хімізм, теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.....	25
3.1 Теоретичні основи методів підготовки води	25
3.1.1 Теоретичні основи іонообмінного методу очищення води	25
3.1.2 Теоретичні основи дехлорування води	30
4. Технологічна схема та аналітичний контроль виробництва	33
4.1 Опис технологічної схеми виробництва	33
5 Визначення витрати сировини та допоміжних	36
матеріалів	36
5.1 Витратний коефіцієнт солі на регенерацію катіоніту.....	36
5.2 Витратний коефіцієнт електроенергії	37
6. Характеристика технологічного обладнання.....	38
6.1 Розрахунок та вибір основних реакторів	38
6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання	41
7 Автоматичний контроль та керування.....	46
виробництвом	46
7.1 Аналіз технологічного процесу отримання води для потреб фармацевтичного підприємства	46
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації	47

					XH2102 1440 001	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8	Економіко-організаційні розрахунки.....	49
8.1	Структурна схема цеху підготовки води для ін'єкцій	49
8.2	Технологічна підготовка виробництва.....	50
8.3	Технічний контроль виробничого процесу.....	58
8.4	Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва.....	60
9	Екологічна безпека відділення підготовки попередньо очищеної води.....	63
9.1	Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються у відділенні підготовки попередньо очищеної води	63
9.2	Можливі варіанти екологізації виробництва	64
9.3	Обране рішення та екологічний моніторинг	65
9.4	Розрахунок екологічних платежів	66
10	ОХОРОНА ПРАЦІ	68
10.1	Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проектується. Заходи з охорони праці.	68
10.1.1	Повітря робочої зони.....	68
10.1.2	Виробниче освітлення.....	71
10.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрацій	73
10.1.4	Електробезпека	74
10.1.5	Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання	76
10.2	Пожежна безпека	77
	ВИСНОВКИ.....	79
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	80
	ДОДАТОК А.....	83
	ДОДАТОК Б	83
	ДОДАТОК В.....	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКО- РОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АФІ	Активний фармацевтичний інгредієнт
НВП	Належна виробнича практика
ВО	Вода очищена.
СОЄ	Статична обмінна ємність
ДОЄ	Динамічна обмінна ємність
ПДОЄ	Повна динамічна обмінна ємність
ВЦ	Виробничий цикл.

Стандарт GMP – *Good Manufacturing Practice* (Належна виробнича практика) – система норм, правил і вказівок щодо виробництва: лікарських засобів, медичних пристроїв, виробів діагностичного призначення.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ВСТУП

На сьогоднішній день населення Землі складає більш ніж 7.1 мільярд людей, і їх чисельність стрімко зростає. Одним з основних прав кожної людини є право на здоров'я, і в дотриманні цього права головну роль відіграє медицина, яку, в свою чергу, має забезпечувати фармацевтичне виробництво.

Високий рівень розвитку фармацевтичної промисловості країни впливає на забезпеченість населення лікарськими засобами та якість медичного обслуговування. Таким чином, ринок фармацевтичної продукції є одним зі стратегічних секторів для економіки та соціального розвитку будь-якої країни світу. [2]Ця область знаходиться на межі трьох областей: науково-дослідної, економічної та соціальної. Ступінь інноваційності та доступності продуктів фармацевтичної промисловості вказує на рівень розвитку держави.

Україна відноситься до так званих Pharmerging countries, доля яких в світі постійно збільшується – це країна, в якій відбувається інтенсивний розвиток фармацевтичної індустрії, а витрати на таку продукцію ростуть. Ріст цієї галузі складає 15-20 % на рік. Такий ріст незмінно спостерігається протягом останніх п'яти років.

В умовах постійного росту виробництва слід розуміти, що це також стосується і підготовки очищеної води для фармацевтичних підприємств, адже вона є ключовим елементом для забезпечення якості лікарських засобів. Очищена вода використовується для [3]:

- 1) виробництв ін'єкційних лікарських препаратів;
- 2) санітарної обробки;
- 3) отримання пари;
- 4) відмивання посуду та апаратів;
- 5) у лабораторній практиці.

Очищена вода є також вихідною сировиною для отримання ін'єкційних лікарських препаратів. Вона використовується у якості допоміжної речовини

					ХН2102 1440 001	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

у лікарських засобах, як розчинник для підготовки препаратів до застосування та синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ) і виробництва лікарських засобів, для промивки обладнання, пакувальних матеріалів та ін.

Тому виробництво та контроль якості води очищеної входять до сфери дії належної виробничої практики (GMP). Монографії «Вода для ін'єкцій», «Вода високоочищена» та «Вода очищена» належать до Державної Фармакопеї України, та поставлені у відповідність монографіям Європейської Фармакопеї: «Water for Injections», «Water, Highly Purified» та «Water, Purified».

Отже збільшення продуктивності систем очистки води на фармацевтичних підприємствах є актуальним завданням.

					XH2102 1440 001	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

1. ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Для того щоб обрати правильні методи очистки води, слід чітко класифікувати групи домішок, що знаходяться в ній. Для цього використовують класифікацію Л.А.Кульського, що розроблена за відношенням домішок до дисперсного середовища. За цим показником виділено чотири основні групи домішок, кожній з яких відповідає певна фізико-хімічна характеристика:

Таблиця 1.1. – Класифікація домішок води [4]

Група	Розмір часток а, см	Фазова (фізико-хімічна) характеристика домішок
1	2	3
Гетерогенні системи		
I	більш ніж 10^{-5}	Грубо дисперсні домішки: суспензії, емульсії, планктон, патогенні мікроорганізми. Обумовлюють мутність води.
II	10^{-5} - 10^{-6}	Домішки колоїдного ступеня дисперсності: органічні и неорганічні речовини, віруси, ВМС. Обумовлюють окислюваність та кольоровість води.
Гомогенні системи		
III	10^{-6} – 10^{-7}	Домішки молекулярного ступеня дисперсності: гази, розчинені у воді; органічні речовини. Придають воді запахи и присмаки.

1	2	3
IV	$<10^{-7}$	Домішки іонного ступеня дисперсності: солі, кислоти, основи (електроліти). Придають воді мінералізованість, жорсткість, лужність або кислотність

Вимоги до очищеної води[5]:

1. візуальні та органолептичні тести;
2. рН 5 - рН 7;
3. хімічні тести на вміст нітратів, сульфатів, нітратів, важких металів, алюмінію;
4. електропровідність($<1,1$ мСм/см при 20ОС; USP $<1,3$ мСм/см при 25ОС);
5. кількість мікроорганізмів (< 10 КОЕ/100мл);
6. загальний органічний вуглець ($< 0,5$ мг/л);
7. бактеріальні ендотоксини ($< 0,25$ МЕ/мл).

Показники якості очищеної води залежать від ряду факторів:

1. якості вихідної води;
2. досконалості використовуваної апаратури та правильності її експлуатації;
3. дотримання умов отримання, збору і зберігання води очищеної відповідно до інструкції по санітарному режиму.

Для отримання очищеної води використовують способи:

1. дистиляція;
2. іонний обмін;
3. зворотний осмос або електродіаліз.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Ці методи відносяться до методів очищення води від домішок IV групи за класифікацією Л. А. Кульського.

Дистиляція – це спосіб заснований на випаровуванні води з подальшою конденсацією її парів. Він є досить простим і може використовуватись багаторазово. Цей процес, який реалізується в промислових установках, повністю аналогічний природному процесу колообігу води: випаровування, конденсація та збір води у вигляді опадів. Метод дистиляції широко використовується в системах очищення води, адже дає можливість отримувати чисту воду з будь-якого джерела: систем міського водопостачання, свердловин, відкритих водойм. Крім того, дистиляція виявляється єдиним ефективним засобом видалення мікробіологічних забруднень з води, адже в процесі тривалого кип'ятіння знищуються всі бактерії і віруси, які могли міститися у воді.

Однак недоліками даного методу очистки є:

1. забруднюючі речовини деякою мірою можуть переноситися у конденсат;
2. необхідний постійний і ретельний догляд за чистотою дистилятора;
3. процес є повільним;
4. висока енергоємність процесу, а, отже, і висока вартість отриманої води;
5. апарат споживає велику кількість води (для охолодження) і електроенергії (для нагрівання), тому метод є дорогим.

Для більш глибокого знесолення використовується іонний обмін, при якому відбувається обмін іонами між твердою речовиною (іонітом) і розчином електроліту. Велике різноманіття іонообмінних матеріалів дозволяє з високою ефективністю проводити очистку вод різного хімічного складу. Це єдиний спосіб, що дає можливість селективно вилучати з розчину деякі компоненти, наприклад, солі жорсткості або важкі метали.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Недоліками використання даного способу є:

1. періодичність процесу, яка обумовлюється необхідністю частої регенерації іонних смол;
2. іонообмінні фільтри не здатні очищати воду від мікроорганізмів;
3. невисока швидкість сорбції та десорбції через низьку гідрофільність гранул іонообмінних смол;
4. можливість механічної руйнації гранул при їх періодичному розпуску;
5. іонообмінні смоли потребують утилізації після завершення терміну експлуатації.

Щоб уникнути забруднення смоли та погіршення її якості, системи іонного обміну потребують попереднього очищення від нерозчинних твердих частинок, хімічно активних реагентів, таких як хлор.

До більш ефективного способу очищення відноситься зворотній осмос (гіперфільтрація), що базується на пропусканні води крізь напівпроникні мембрани, які пропускають молекули води, а затримують розчинені речовини. Його використовують в основному для гомогенних систем. Цей спосіб заснований на використанні явища осмотичного тиску. Це явище полягає в тому, що якщо в посудину між солоною і прісною водою поставити напівпроникну мембрану, з часом рівень прісної води знизиться, адже вона починає переходити у ємність з солоною водою. Різниця рівнів між ємностями, розділеними напівпроникною мембраною, вказує величину осмотичного тиску розчиненої речовини. Таким чином, у способі зворотнього осмосу тиск зі сторони забрудненої солями води створюється більший за осмотичний, що зумовлює «фільтрацію» води – проходження молекул дистилату і затримання гідратованих іонів розчинених солей.

При сприятливих умовах цей спосіб фільтрації дозволяє видаляти від 90% до 98% важких металів, вірусів, бактерій та інших організмів, органічних і неорганічних хімічних речовин.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Системи зворотнього осмосу добре очищають воду від металів, мікроорганізмів, бактерій та вірусів, а також неорганічних і органічних речовин, але потребують постійного догляду, заміни мембран і видалення частинок, що затримуються на мембранах, сповільнюючи процес.

Однак, цей спосіб також має недоліки:

1. велика ресурсоемність (при отриманні 1 л очищеної води у відходи потрапляє 3-8 л забрудненої води);
2. синтетична мембрана деградує під впливом хлоридів і фізичних забруднювачів, тому її слід замінювати кожні декілька років;
3. велика собівартість мембран;
4. Великі втрати напору у процесі, навіть при фільтруванні дистильованої води.

Зниженню вартості очищеної води на фармацевтичних підприємствах сприяє використання комбінації таких методів очищення як іонний обмін та зворотній осмос.

В основу даного проекту покладений спосіб іонного обміну, адже ця технологія здатна забезпечити ефективне знесолення води, і крім того є економічнішою за спосіб зворотнього осмосу. Спосіб іонного обміну дозволяє отримувати воду з дуже низьким показником питомої електропровідності. Однак тривале використання іонообмінних апаратів може призвести до зараження мікроорганізмами, тому слід передбачити систему, в якій можна буде уникнути подібних наслідків. Для зниження мікробної контамінації використовуються УФ-лампи, постійна рециркуляція води в петлі розподілу, зведення до мінімуму або взагалі виключення перерв в роботі обладнання.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБЛЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ, ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ ТА НАПІВПРОДУКТІВ, МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕР- ГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

2.1 Характеристика вихідної сировини

Питна вода призначена для необмеженого та безпечного споживання людиною та будь-якими живими істотами; вона відрізняється від столових і мінеральних вод головним чином тим, що має знижений солевміст та характеризується діючим стандартом на загальний склад і властивості[12].

Вимоги до води питної, що слугує сировиною для виробництва води очищеної, викладено у ДЕРЖАВНИХ САНІТАРНИХ НОРМАХ ТА ПРАВИЛАХ "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ГСанПіН 2.2.4-171-10)[14].

Властивості води питної, що надходить на виробництво води очищеної наведені в таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1. – Показники що впливають на органолептичні якості питної води.

Показники	Нормативи (не більше)	
	ГОСТ2874-82	ГСанПіН
1	2	3
Водневий показник, рН	6,0 - 9,0	6,5 - 8,5
Залізо (Fe), мг/л	0,3 (1,0)	0,3
Жорсткість загальна, мг-екв/л	7,0 (10,0)	7,0 (10,0)
Сульфати, мг/л	500	250 (500)
Сухий залишок, мг/л	1000 (1500)	1000 (1500)
Поліфосфати залишкові мг/л	3,5	-

					ХН2102 1440 001	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Хлориди, мг/л	350	250 (350)
Мідь (Cu), мг/л	1,0	1,0
Манган (Mn), мг/л	0,1	0,1
Цинк (Zn), мг/л	5,0	-
Хлорфеноли, мг/л	-	0,0003

Таблиця 2.2. – Органолептичні показники (властивості) питної води

Показники	Нормативи (не більше)	
	ГОСТ2874-82	ГСанПиН
Запах, бали	2	2
Смак та присмак, бали	2	2
Кольоровість, градуси	20 (35)	20 (35)
Мутність, мг/л	1,5 (2,0)	0,5 (1,5)

У вихідній воді не мають знаходитись речовини, здатні змінювати її органолептичні властивості, такі як: поверхнево-активні речовини, нафтопродукти, цинк та феноли в концентраціях, що визначаються стандартними методами досліджень.

2.2 Характеристика продукції

Продуктом відділу фармацевтичного підприємства що розглядається в даному проекті є вода для фармацевтичних цілей. Вода для фармацевтичних цілей є безбарвною рідиною без запаху і смаку. Вона використовується для приготування лікарських препаратів, причому до цієї води не пред'являються вимоги стерильності та / або відсутності пірогенних речовин. Вода очищена може використовуватись для виробництва розчинів для діалізу, якщо вона задовільно пройшла випробування на ендотоксини.

Визначальним фактором вибору нормативної бази для проектування і будівництва нової системи водопідготовки є норми і правила країни, в якій знаходиться виробниче підприємство, нарівні з нормами і правилами країн, куди поставляються лікарські препарати. Даний постулат може бути доповнений нормою з Правил GMP Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я: «Компанії, що прагнуть продавати продукцію на декількох ринках, повинні встановити специфікації якості води, вибравши найбільш жорсткі вимоги кожної з відповідних Фармакопей». Для експорту лікарських препаратів з підприємства всі країни приймають за основу правила НВП, що діють в країнах ЄС, і відповідно гармонізовані в Україні, Казахстані, Росії та Білорусі варіанти узгоджених правил.

Таблиця 2.3. – Адаптовані версії Note for Guidance on Quality of Water for Pharmaceutical Use [6].

Оригінальна назва документу	Назва документу, діючого в Україні
CPMP/QWP/158/01 Note for Guidance on Quality of Water for Pharmaceutical Use, EMEA, 2002	СТ-Н МОЗУ 42-3.7: 2013 "Лікарські засоби. Якість води, що застосовується у фармації », МОЗ України, 2013

					ХН2102 1440 001	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Для оцінки якості води для фармацевтичних цілей, у більшості країн світу поряд з національними Фармакопеями керуються Європейською (EP) , Американською (USP) , Британською (BP) та Японською (JP) Фармакопеями , в яких найбільш повно представлені різні типи води для фармацевтичних цілей (Таблиця 2.4) і наведені вимоги до її чистоти .

Таблиця 2.4. – Типи води для фармацевтичних цілей.

Типи води	Державна Фармакопея XI видавництва	EP 5-те видавн. 2005 г.
Вода для ін'єкцій(ангро)	+	+
Стерильна вода для ін'єкцій (в упаковці)	+	+
Бактеріостатична вода для ін'єкцій (в упаковці)	-	-
Високоочищена вода (ангро)	-	+
Вода очищена (ангро)	+	+
Вода очищена (в упаковці)	-	+
Стерильна вода очищена (ангро)	-	-
Стерильна вода очищена (в упаковці)	-	-
Стерильна вода для інгаляцій (в упаковці)	-	-

1	2	3
Стерильна вода для ірригацій (в упаковці)	-	-
Вода для діалізу (ангро и в упаковці)	-	+
Вода(водопровідна, артезіанська)	-	-
Вода для фармацевтичних цілей (ОФС)	-	-

Державна фармакопея України (ДФУ) гармонізована з Європейською Фармакопеею. Це відповідає курсу України на інтеграцію до ЄС та її статусу спостерігача у Європейській Фармакопеї (з 1998). Тому загальні статті та монографії ДФУ складаються із двох взаємозалежних частин — європейської, ідентичної відповідній статті Європейської Фармакопеї, і національної, що враховує специфіку сучасного стану фармацевтичного виробництва України. Національна частина не суперечить європейській, а містить додаткові вимоги до лікарських препаратів, які не випускаються за умовами належної виробничої практики (GMP), встановленими у ЄС. У національну частину включені також додаткові інформаційні матеріали та альтернативні методики.

Вода очищена виробляється відповідно до настанови «Якість води для застосування у фармації» СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013.

Воду очищену застосовують у таких стерильних лікарських засобах:

- препарати для очей;
- назальні/вушні препарати;
- наскірні препарати.

Вода очищена використовується у таких нестерильних лікарських засобах:

- препарати для орального застосування;

					ХН2102 1440 001	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

- розчини для розпилення;
- наскірні препарати;
- назальні/вушні препарати.

Вода очищена використовується для виробництва та / або виготовлення нестерильних лікарських засобів, а також для отримання пари, санітарної обробки, миття тари й укупорки (за винятком фінішного ополіскування при виробництві та / або виготовленні стерильних лікарських засобів), в лабораторній практиці. На фармацевтичному виробництві вона є вихідною при одержанні води для ін'єкцій.

Вимоги за фізико-хімічними показниками та мікробіологічній чистоті, пропоновані до води очищеної різними Фармакопеями, наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. – Вимоги до води очищеної.

Показники	ФС 42-2619-97	ЕР 5-е видавн. 2005 р.
1	2	3
Методи отримання	Дистиляція, йонний обмін, зворотній осмос, комбінація цих методів або іншим методом	Дистиляція, йонний обмін, інші задовільні методи
Опис	Безбарвна прозора рідина без запаху та смаку	Безбарвна прозора рідина
Якість вихідної води	-	Вода, що відповідає вимогам на воду питну, встановленим відповідним органом влади
рН	5,0-7,0	-
Сухий залишок	0,001%	-

Продовження таблиці 2.5

1	2	3
Відновлюючі речовини	1мл 0,01 KMnO ₄ / 100 мл	Альтернативний ООУ 0,1мл 0,02 KMnO ₄ / 100 мл
Діоксид водню	Відсутність	-
Нітрати, нітрити	Відсутність	0,2 мг/л (нітраты)
Аміак	0,00002% (в препараті)	-
Хлориди	Відсутність	-
Сульфати	Відсутність	-
Кальцій	Відсутність	-
Важкі метали	Відсутність	0,1 мг/л
Кислотність/лужність	-	-
Алюміній	-	10мкг/л (для гемодіаліза)
Загальний органічний вуглець (ЗОВ)	-	0,5 мг/л
Питома електропровідність (ПЕ)	-	4,3 mS* см-1(20oC)в лінії или в лабораторії
Мікробіологічна чистота	100 м.о/мл при відсутності Enterobacteriaceae, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa	100 м.о/ мл ⁴
Бактеріальні ендотоксини (БЕ)	-	0,25 ЕЭ/мл для гемодіалізу
Маркування	-	На етикетці вказується, при необхідності, що вода може використовуватися для приготування діалітичних розчинів

1	2	3
Використання та збереження	Використовують свіжо-приготовленою або зберігають у закритих ємностях, виготовлених з матеріалів, що не змінюють властивостей води і захищають її від сторонніх часток і мікробіологічних забруднень	Зберігається і розподіляється в умовах, що запобігають ріст мікроорганізмів і потрапляння інших видів забруднень

2.3 Характеристика активованого вугілля

Filtrisorb 300 і 400 – представники відомого сімейства гранульованих активованих вуглів Filtrisorb, застосовуваних на більш ніж 1000 станцій водоочищення в США, Європі та Азії. Воно отримало популярність завдяки здатності сорбувати органічні речовини, які зумовлюють кольоровість води. Це вугілля виробляються з спеціальних сортів бітумінозного вугілля, що активується парою. Спочатку воно подрібнюється, а потім агломерується. Filtrisorb 300 і 400 мають високу адсорбційну здатність і велику кількість транспортних пор. Ці властивості надають активованому вугіллю підвищену селективність при видаленні мікрозабруднень, таких як пестициди, природні органічні сполуки. Це вугілля найкраще підходить для видалення загальної органіки, наприклад, гумінових речовин, які реагують з хлором, утворюючи тригалометани.

Агломероване гранульоване вугілля на основі кам'яного вугілля має ряд властивостей, що визначають його ефективність. Стабільність і висока якість вугілля обумовлено тим, що воно отримане на основі попередньо подрібненої вугільної суміші. Гранули активованого вугілля однорідно активовані по всьому об'єму, що забезпечує гарні адсорбційні властивості.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Завдяки високій механічній міцності регенерація фільтрів проводиться більш ефективно. На відміну від деревного і торф'яного вугілля, агломероване вугілля на кам'яновугільній основі може багаторазово реактивуватись. Завдяки агломерованій структурі вугілля швидко змочується, не залишає плаваючих частинок. Структура і адсорбційний профіль вугільного шару зберігаються після багаторазової зворотної промивки, що максимізує строк експлуатації шару до проскакування. Filtrasorb® відповідає стандартам EN12915, а також має Сертифікат KIWAATA, схвалений Інспекцією Великобританії за питною водою.

Filtrisorb 300 і 400 мають середній ефективний розмір гранул 0,9 мм і 0,7 мм відповідно. У загальному випадку, чим менше розмір гранул, тим ефективніше адсорбція, тому переважно застосовують Filtrasorb 400, якщо при цьому не виникає занадто високий перепад тиску. В іншому випадку слід використовувати Filtrasorb 300 [9].

2.4 Характеристика солі для регенерації катіонітового фільтру

Для регенерації іонообмінних смол в установках пом'якшення води використовується таблетована сіль (NaCl). Високоочищена сіль проходить спеціальну обробку і належним чином гранулюється, завдяки чому підтримується оптимальний контакт солі з водою та рівномірне розчинення. У вигляді таблеток сіль NaCl прекрасно підходить для регенерації іонообмінних смол в завантажувальних фільтрах. Властивості солі надані в таблиці 2.6.

Таблетована сіль має форму, яка запобігає злежуванню і утворенню нерозчинних осадів у баку-розчиннику, а також забезпечує рівномірне розчинення по всьому об'єму завантаженої солі. Таблетована сіль ECOSIL має чистоту 99,7%. Вона відповідає стандартам ДСТУ 4246:2003, ISO 9001:2008, ГОСТ 13830-84 «Екстра».

					ХН2102 1440 001	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 2.6. – Фізичні властивості таблетованої солі ECOSIL

Показник	Нормування
Зовнішній вигляд	білі гігроскопічні таблетки, сформовані з порошку
Запах	відсутній
pH	5-8
Розчинність у воді(при 20 °С)	360 г/дм ³
Вміст NaCl	99,9 %
Вміст Mg	0,0012 %;
Вміст Ca	0,0024 %.

У процесі пом'якшення води кальцій і магній в солях, що визначають твердість, обмінюються на іонообмінних смолах на іони натрію, відповідні солі якого не утворюють накипу на елементах обладнання та добре розчинні у воді. Коли іонообмінної смоли насичуються іонами твердості, проводиться їх регенерація соляним розчином. При цьому іони натрію з соляного розчину витісняють іони кальцію і магнію, які видаляються в дренаж, в наслідок чого смола повертається в робочий стан.

Для однієї регенерації катіонітового фільтру типу Ecosoft DFU 3072 GL 150, який застосовується в схемі очистки води, використовується (30÷45) кг солі.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

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

3.1 Теоретичні основи методів підготовки води

3.1.1 Теоретичні основи іонообмінного методу очищення води

Іонітні методи обробки води засновані на здатності деяких практично нерозчинних у воді матеріалів вступати в іонний обмін з розчиненими у воді солями, сорбуючи з оброблюваної води одні іони і віддаючи в розчин еквівалентну кількість інших іонів, якими вони періодично насичуються при регенерації. Як нерозчинні фільтруючі матеріали використовують катіоніти й аніоніти.

Питна вода, призначена для підготовки очищеної води. На установці з двома ступенями катіонного і аніонного обміну досягається найповніше зне-солання. Твердість води, призначеної для господарсько-побутових цілей, згідно з державним стандартом ДСанПіН 2.2.4-171-10, не повинна перевищувати 7 мг-екв/дм³. За узгодженням з органами санітарного нагляду ця норма може бути збільшена до 10 мг-екв/дм³.

Основою синтетичного іоніта є матриця, так зване зерно, що виготовляється з сополімеру або шляхом поліконденсації мономерних органічних молекул. У матрицю (зерно) внаслідок хімічної взаємодії вводяться іоногенні групи кислотної або основної функції – функціональні групи. Катіонітами звуться такі іоніти, в матрицю яких введені функціональні або іоногенні групи, що мають структуру кислотних залишків, наприклад: COOH, -SO₃H, -PO₄H₂ тощо. Такий іоніт здатний до обміну катіоніт-іонами водню або позитивно зарядженими іонами металів. В матрицю аніоніта введені іоногенні групи, що мають основну структуру, наприклад: -N, = NH, -NH₂, -NR₃⁺ тощо. Він здатний до обміну аніонами гідроксилу чи негативно зарядженими кислотними залишками. Коли в іоніти введені однакові функціональні групи,

					XH2102 1440 001	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

вони звуться монофункціональним, а у випадках, якщо введені групи мають різну структуру, вони звуться поліфункціональними. В тому випадку, коли в одні і ті ж зерна іонітів введені кислотні та основні іоногенні групи, іоніти слід називати змішаними.

Існують різні типи функціональних груп:

1.Катіонообмінні:

(1) Сильнокислотні: $-\text{SO}_3^-\text{H}^+$;

(2) Слабокислотні: $-\text{COO}-\text{H}^+$.

2.Аніонообмінні:

(3) Сильноосновні: $-\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$, $-\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})\text{CH}_3-\text{CH}_3-\text{OH}$;

(4) Слабкоосновні: $-\text{N}(\text{CH}_3)\text{HCl}$.

Полімерні ланцюги макромолекул володіють великою молекулярною масою а також пов'язані між собою поперечно, таким чином утворюючи просторову, пористу сітку, і тому зерна таких органічних речовин і продукти конденсації нерозчинні воді. Однак навидміну від активованого вугілля, у іонітів немає стабільних отворів і проходів визначеного мікроперерізу.

Крім того зерна іонітів не мають стабільних геометричних розмірів. Вони мають здатність набухати у воді, а також в деяких інших органічних розчинниках через наявність гідрофільних іоногенних груп. Вони здатні до гідратацій, – притягання в своє безпосереднє оточення молекул води або іншого розчинника. Більша частина іонітів при набуханні зростає в 1,5 - 3,5. Оскільки різниця розмірів в різних станах зерна велика, її треба контролювати, і це враховується при підборі іоніта та розрахунках перед власне завантаженням в апарат.

Втім поперечні зв'язки між макромолекулами також перешкоджають нескінченному набуханню.

Ступінь поперечної пов'язаності задається при синтезі іонітів. Якщо задається менша поперечна пов'язаність, готуються іоніти, просторово доступні навіть для органічних іонів великих розмірів. В свою чергу збільшення по

					ХН2102 1440 001	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

перечної пов'язаності призводить до стримування набухання і проникності тільки іонів з невеликими розмірами. Від його фактору також залежить механічна міцність іоніта – чим більша поперечна зв'язаність, тим більша механічна міцність, хоча ступінь набухання й буде меншим.

Якщо іоніт має однакову поперечну зв'язаність, концентрацію гідрофільних іоногенних груп в об'ємі зерна, його величина набухання все одно буде залежати від того, якими протиіонами він заряджений. Зазвичай однозарядні іони, особливо водню та гідроксилу, зумовлюють найбільше набухання; багатозарядні протиіони зумовлюють деяке стиснення і зменшення розміру зерен.

Таблиця 3.1 – Властивості різних іонітів до набухання[1]

Властивість до набухання	
Слабокислотні катіоніти	Слабкоосновні аніоніти
Гелеві Na в Ca +7%	Cl в H +15-20%
Макро Na в H +5%	Cl в OH +10-12%
Слабокислотні катіоніти	Слабкоосновні аніоніти
Макро H в Ca +15%	Своб. осн в HCl +20-35%
Макро H в Na +60%	
Гелева H в Na +90%	

Термічна стабільність:

1. Катіоніти:

- 1) Втрачають сульфогрупи;
- 2) В Na-формі можуть працювати при $<150^{\circ}\text{C}$;
- 3) Впливає рН – в H-формі $<120^{\circ}\text{C}$.

2. Аніоніти:

- 1) Сильноосновні групи переходять в слабкоосновні;
- 2) Стабільні при $<60^{\circ}\text{C}$.

Хімічна стабільність:

1.Сильнокислотні катіоніти:

					ХН2102 1440 001	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

- 1) Матриця більш чутлива до дії окислювачів, ніж функціональні групи;
- 2) Відбувається окислення зшиваючого агенту, збільшується вологовміст.

2.Сильноосновні аніони:

- 1) Функціональні групи більш чутливі, ніж матриця;
- 2) Знижується обмінна ємність.

3.Слабкоосновні аніони:

- 1) Втрачають функціональні групи;
- 2) Потребують більшої кількості регенеруючого агенту.

Існує декілька характеристик іонообмінної здатності:

1. повна обмінна ємність (ПОЕ);
2. динамічна обмінна ємність (ДОЕ);
3. статистична(рівноважна) обмінна ємність (СОЕ).

Обмінна ємність іоніту залежить від таких чинників, як:

1. рН розчину;
2. концентрації розчину;
3. тип протийонів;
4. величина зерен іоніту;
5. розмір протийонів.

Розглянемо докладніше їх вплив. Карбоксильні групи чи фенольні OH^- групи при низьких значеннях рН залишаються частково чи повністю недисоційованими, тому поглинаюча здатність іоніту з цими групами буде менша в кислих і нейтральних розчинах, ніж у лужних. Поглинаюча здатність аніоніту з первинними, вторинними чи третинними аміногрупами для аніона кислоти буде меншою в лужних і нейтральних розчинах. Обмінна ємність сильнокислотних і сильно основних іонітів залишається постійною в широкій області рН.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

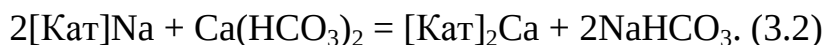
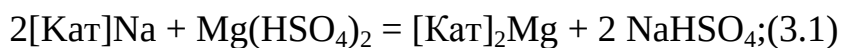
Якщо іоніт знаходиться у взаємодії з водним розчином електроліту КА то він зустріне поряд з протийонами К і протиіони розчинника. Скільки місць займуть протиіони розчинника залежить від співвідношення концентрацій протийонів розчинника і йонів К, а також від відносної спорідненості іоніту до йонів К. При постійному значенні рН розчину поглинання йонів К і, відповідно ємність, буде тим більше, чим більша концентрація цих іонів в розчині. Цей ефект проявляється в слабкокислотних і слабоосновних іонітів. У сильнокислотних і сильноосновних монофункціональних іонітів, які майже не проявляють специфічності до протийонів розчинника, даний ефект стає помітним тоді, коли концентрації йонів К, H^+ чи OH^- стають рівними, тобто при дуже низьких значеннях рН для катіоніту і при дуже високих рН для аніоніту.

Повна обмінна ємність (ПОЕ) визначається шляхом пропускання розчину електроліту через іоніт, в якому відбувається обмін протийонів іоніту на протиіони розчину. При цьому фільтрація продовжується після проскоку – до тих пір, поки концентрація йонів, які поглинаються іонітом, не стане дорівнювати концентрації йонів у вихідному розчині. Цей момент вказує на те, що іоніти більше не поглинають йонів з розчину. Кількість поглинених йонів з розчину у перерахунку на міліграм-еквівалент на літр набряклого іоніту є показником ПОЕ для даних умов фільтрування.

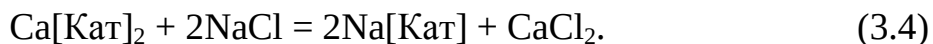
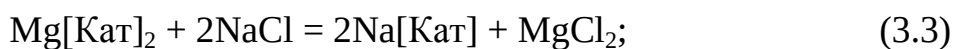
Статична або рівноважна обмінна ємність залежить від концентрації йонів у воді, рН і відношення обсягів іоніту і розчину при вимірах. Необхідна для проведення розрахунків технологічних процесів. Навідміну від ПОЕ, ДОЕ характеризується кількістю (мг-екв.) вилучених йонів з розчину до проскакування цих йонів у фільтрат.

Коли питна вода подається на Na-катіонітовий фільтр першої ступені, завантажений слабкокислотним катіонітом КУ-2-8, відбуваються реакції (3.1) та (3.2). Na-катіонітовий фільтр першої ступені працює до «проскакування» йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} , після чого регенерується розчином солі NaCl. При очи-

ценні води відбуваються такі реакції:					ХН2102 1440 001		Арк.
							29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-			



Регенерація здійснюється 12%-вимрозчином солі NaCl:



3.1.2 Теоретичні основи дехлорування води

Дехлорування води питної відбувається в сорбційному фільтрі, що завантажений активованим вугіллям. Хлор та деякі органічні сполуки сорбуються на активованому вугіллі.

Сорбція є одним з найефективніших методів очищення води. Під час сорбції речовина-поглинач, – сорбент, – поглинає різні речовини. Матеріалом для здійснення сорбції може бути: деревна тирса, активні смоли і вугілля, шлами та інші матеріали, що мають достатньо розвиненою поверхнею і тому здатні поглинати забруднення з води. Активоване вугілля широко використовується для сорбційної очистки, адже воно має ряд властивостей які полегшують роботу: вугілля є широкодоступним матеріалом, безпечне для здоров'я людини, а також легко подрібнюється.

Хлор з води добре поглинає березове, торф'яне, антрацитове і кокосове вугілля. Сорбційна здатність вугілля при швидкості фільтрування води близько 50 м / ч по хлору може досягати 70% від власної ваги вугілля. Вугільні фільтри застосовуються для видалення осаду, глинистих суспензій, органічних сполук (у тому числі хлорорганіки – хлороформу, бромдихлорметану, чотирехлористого вуглецю), надлишкового активного хлору, водоростей, тривалентного заліза, неприємного присмаку і запаху, важких металів, бактерій і вірусів [9]. Втім, поверхню вугілля блокують продукти неповного окиснення хлором згаданих вище органічних речовин. Через деякий час речовини накопичуються, що погіршує здатність фільтрів сорбувати хлор.

Періодична промивка за допомогою гарячого розчину лугу гіпохлориту

					ХН2102 1440 001	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

кальцію необхідна для відновлення сорбційних здібностей активованого вугілля. Частота, з якою проводиться регенерація вугілля і, відповідно, витрати визначаються ступенем попереднього очищення води, з якої видаляється хлор, органічні сполуки і зважені речовини.

Матеріал корпусу фільтра повинен протистояти корозії, тому промислові фільтри зазвичай роблять з пластиковим корпусом. Всередині корпусу поміщена система розподільчих труб, дренажна система. Поверх дренажної системи лежить підтримуючий шар кварцового гравію або щебеню, на якому завантажений шар власне самого активованого вугілля. Вода проходить фільтр зверху вниз.

Для забезпечення задовільного очищення води вугіллям важливо дотримуватись вимог:

1. Необхідно забезпечувати рівномірне розподілення води по шару вугілля;
2. підтримувати необхідну швидкість фільтрації;
3. регулярно промивати завантаження.

Для виконання цих вимог, сучасні промислові вугільні фільтри забезпечені блоком керування, в якому задаються параметри роботи: режим фільтрації і промивки, період регенерації і розпушування.

Як у всіх стандартних фільтрів, оброблювана вода подається на фільтр під тиском до 0,6 МПа, швидкість фільтрації конденсату складає $5\div 7$ м/год. Тривалість робочого циклу сорбційних вугільних фільтрів залежить від поглинаючої спроможності активованого вугілля і від забрудненості води.

Забруднення активованого вугілля відбувається нерівномірно – верхні шари забруднюються більше ніж нижні. Якщо потрібна заміна завантаження, то приблизно 40% завантаження з верхньої частини фільтра знімається, інші 60% з нижньої частини фільтра замінюється на свіже вугілля, а слабо-забруднене вугілля з нижньої частини фільтра завантажуються у верхній шар.

В наш час ще не було розроблено економічно доцільних методів реге

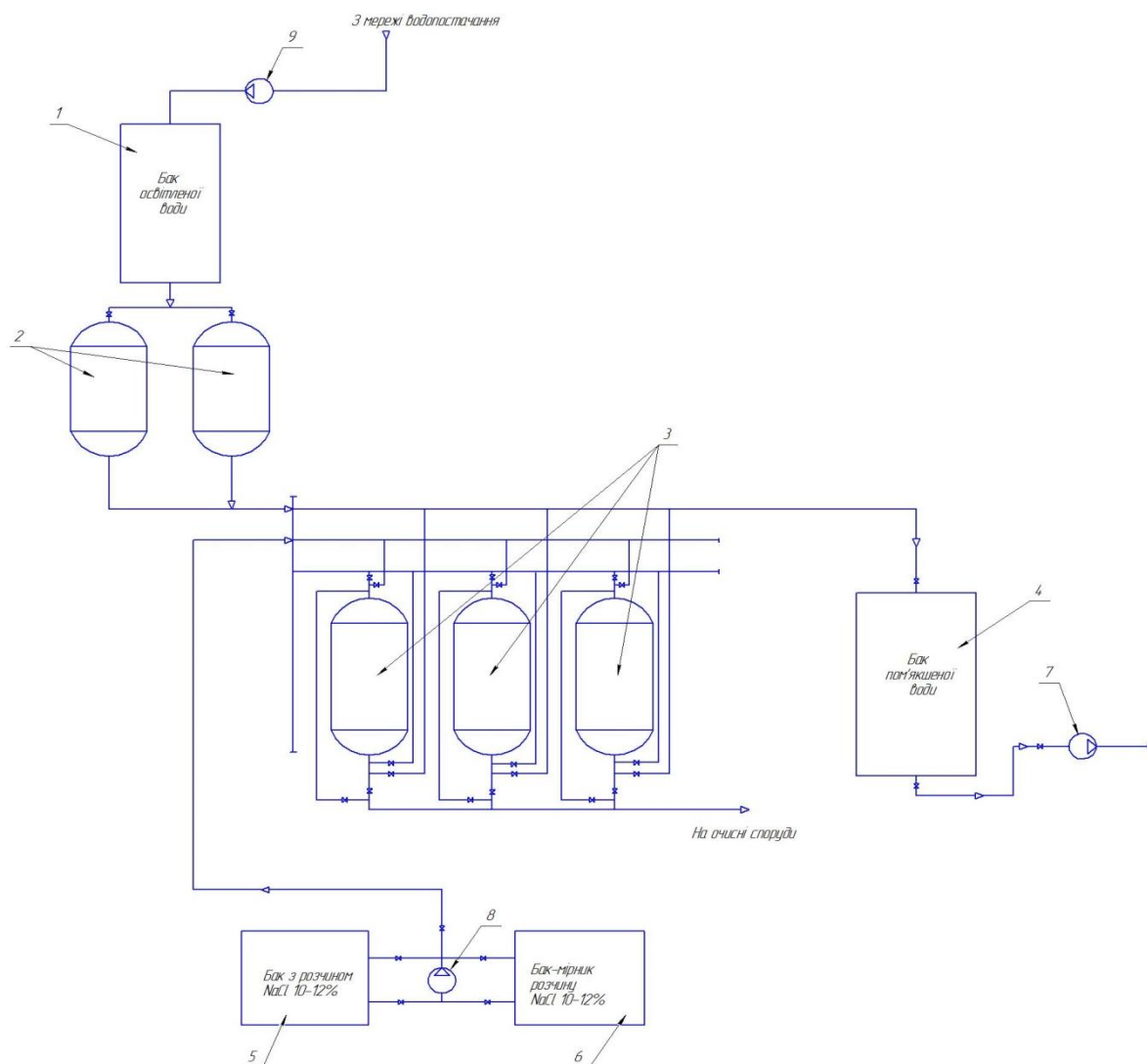
					ХН2102 1440 001	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

нерації активованого вугілля, адже це ще доступний матеріал, тому його використовують одноразово. Щоб уникнути злежування активованого вугілля в процесі роботи фільтрів періодично (один раз на $(10 \div 15)$ діб) проводиться розпушування фільтруючого матеріалу гарячою водою з інтенсивністю $(3 \div 4) \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ протягом $(5 \div 10)$ хв [9].

					ХН2102 1440 001	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

4. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА АНАЛІТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Опис технологічної схеми виробництва



1 – бак-збірник освітленої води, 2 – вугільні фільтри, 3 – іонообмінні фільтри, 4 – бак-збірник пом'якшеної води, 5 – бак з розчином NaCl 10-12%, 6 – Бак-мірник розчину NaCl 10-12%, 7, 8, 9 – насоси.

Рис. 4.1 – Технологічна схема відділення очищення води для потреб
фармацевтичного підприємства

Освітлена вода з освітлювача за допомогою живильного насосу 10 поступає до мембранного резервуару 1 ємністю 60 дм³ (вироблено з нержавіючої сталі).

					XH2102 1440 001	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Пом'якшена вода поступає до системи автоматичних фільтрів 2. Під час робочого циклу неочищена вода проходить через фільтруючий шар робочого фільтру зверху-вниз, таким чином хлор з води абсорбується активованим вугіллям, завантаженим у фільтр, що задовольняє вимогам роботи установки електродеіонізації. Під час зворотного промивання неочищена вода надходить знизу вверх фільтра, видаляючи механічні й органічні забруднення з фільтра в дренаж. Під час промивки в роботу включається запасний фільтр.

Після системи фільтрів 2, вода подається на іонообмінні фільтри ІФП І 2,0-0,6 (позначення 3). В роботу одночасно включено три фільтри, їх робота чергується роботою четвертого, запасного фільтру, в залежності від періодів роботи, промивки і розпушення. Тривалість розпушення складає в середньому 15-30 хв при інтенсивності потоку 3-4 л/м². В процесі пом'якшення з води видаляються катіони твердості (Ca²⁺, Mg²⁺) і заміщаються на йони Na⁺. Основне навантаження лягає на установки іонного обміну, пом'якшення води на цих установках значно зменшує навантаження за солями твердості на установку електродеіонізації та ультрафільтрації (твердість води зменшується від 5 до 0,06 г-екв/м³).

Регенерація іонообмінного матеріалу відбувається за допомогою 12%-го розчину NaCl, який дозується з сольового баку 8. Сольовий розчин готується в апараті з мішалкою 9 з кристалічного хлориду натрію. Регенерація іонообмінного матеріалу відбувається автоматично, в залежності від кількості пом'якшеної води що була вироблена. Після регенерації відпрацьовані розчини зливаються. Відпрацьовані розчини після регенерації надходять на очисні споруди.

Після проходження іонообмінних фільтрів, вода поступає у ємність для зберігання води очищеної 7, місткістю 100 дм³. Вона оснащена датчиком рівня, має нижній спуск.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Отже, в даному розділі описано технологічну схему виробництва води очищеної для потреб фармацевтичного підприємства з води освітленої шляхом пом'якшення води за допомогою методу іонного обміну та дехлорування і фільтрації крізь вугільні фільтри.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ СИРОВИНИ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

5.1 Витратний коефіцієнт солі на регенерацію катіоніту

Для регенерації катіоніту використовують сіль хлорид натрію кількістю (30÷45) кг на одну регенерацію. З урахуванням того, що за один день проводять дві регенерації, витрата солі складає [8]:

$$\beta_{\text{солі}} = \frac{n(\text{per.}) \cdot g}{L}, \quad (5.1)$$

де L – продуктивність по очищеній воді, L = 180 м³/год

$$\beta_{\text{солі}} = \frac{3 \cdot 40}{180} = 0,67 \text{ кг солі/м}^3.$$

Витрата води на розведення солі (до 20%-го водного розчину):

$$\beta_{\text{вод.питн.}} = \frac{n(\text{per.}) \cdot g \cdot \left(\frac{100\%}{20\%} - 1\right)}{L \cdot 1000}; \quad (5.2)$$

$$\beta_{\text{вод.питн.}} = \frac{3 \cdot 40 \cdot \left(\frac{100\%}{20\%} - 1\right)}{180 \cdot 1000} = 0,0027 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

					ХН2102 1440 001	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

5.2 Витратний коефіцієнт електроенергії

Потужність обладнання технологічної схеми наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Потужність обладнання

Обладнання	Кількість	Потужність, кВт
Катіонітовий фільтр	3	0,03
Вугільний фільтр	2	0,03
Насос	3	0,8

Сумарна потужність всього обладнання складає $P = 2,55$ кВт.

Витратний коефіцієнт електроенергії на 1 м^3 води очищеної:

$$\beta_{\text{е.е.}} = \frac{P \cdot \tau}{L}, \quad (5.3)$$

де τ – час роботи за добу, год;

$$\beta_{\text{е.е.}} = \frac{2,55 \cdot 24}{180} = 0,34 \text{ кВт/м}^3.$$

У даному розділі визначено основні витратні коефіцієнти сировини та енергетичних ресурсів на очищення води при виготовленні води для потреб фармацевтичного підприємства.

					XH2102 1440 001	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

6. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок та вибір основних реакторів

Вихідні дані для вибору фільтра:

Продуктивність установки $Q = 180 \text{ м}^3/\text{год}$.

Концентрація йонів Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} у вихідній воді (мг-екв/дм^3) відпо-
відно:

$[\text{Na}^+] - 0,35;$

$[\text{Ca}^{2+}] - 1,9 ;$

$[\text{Mg}^{2+}] - 5,71.$

Допустима твердість пом'якшеної води, $\text{мг-екв/дм}^3 - 0,06.$

Приймаємо установку з одним ступенем Na -катіонітових фільтрів,
оскільки допустима твердість фільтрату вище мінімально допустимого зна-
чення для одної ступені ($0,03 \div 0,05$) мг-екв/дм^3 .

Розрахунок:

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 10 м/год
визначається за формулою

$$F = \frac{Q}{W} \quad (6.1)$$

$$F = \frac{180}{10} = 18 \text{ м}^2$$

Для Na -катіонітового фільтра ФІПа І-2,0-0,6 Na прийнято діаметр $D = 2000 \text{ мм}$, $h_{\text{ш}} = 2,5 \text{ м}$, $f = 7,07 \text{ м}^2$. Кількість фільтрів розраховується як:

$$n = \frac{F}{f} = \frac{18}{7,07} = 2,5 \approx 3 + 1 \text{ резервний.}$$

Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$W_d = \frac{Q}{f \cdot n} \quad (6.2)$$

$$W_d = \frac{180}{7,07 \cdot 4} = 7,2 \text{ м/год}$$

					ХН2102 1440 001	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Кількість катіоніту КУ-2-8, який необхідно завантажити у фільтри, у тому числі резервний:

$$V_{\text{кат. вол.}} = Q_{\text{доб.}} \cdot (Na^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+}) / E_{\text{кат.}} \quad (6.3)$$

де $Q_{\text{доб.}}$ – добова продуктивність фільтра;

$$Q_{\text{доб.}} = 24 \cdot 180 + 24 \cdot 180 / n = 5538 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Na^{+} , Ca^{2+} і Mg^{2+} – концентрація відповідних іонів у воді, мг-екв/дм³

$E_{\text{кат.}}$ - обмінна ємність катіоніту КУ-2-8, г-екв/м³

$$V_{\text{кат вол.}} = 5538 \cdot (0,35 + 1,9 + 5,71) / 600 = 73,5 \text{ м}^3$$

Об'єм катіоніту в повітряно-сухому стані визначається за формулою:

$$V_{\text{сух.кат.}} = V_{\text{вол. кат.}} / K_{\text{наб.кат.}} \quad (6.4)$$

$$V_{\text{сух.кат.}} = 73,5 / 2,06 = 35,7 \text{ м}^3$$

Де $K_{\text{наб.кат.}}$ – коефіцієнт набрякання катіоніту.

Маса повітряно-сухого катіоніту, завантаженого у фільтри, визначається за формулою:

$$M_{\text{сух.кат.}} = V_{\text{сух.кат.}} \cdot \rho_{\text{сух.кат.}} \quad (6.5)$$

Де $\rho_{\text{сух.кат.}}$ – насипна густина катіоніту т/м³;

$$M_{\text{сух.кат.}} = 35,7 \cdot 0,7 = 24,9 \text{ т}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

$$T = (f_k \cdot h_{\text{ш}} \cdot E_{\text{кат}} \cdot h) / (Q \cdot C), \quad (6.6)$$

де C – концентрація всіх катіонів.

$$T = (7,07 \cdot 2,5 \cdot 600 \cdot 4) / (180 \cdot 7,96) = 26,5 \text{ год}$$

Добове число регенерації визначається за формулою:

$$m = (24 \cdot n) / T \quad (6.7)$$

$$m = (24 \cdot 4) / 26,5 = 3,2 \text{ рег./доб}$$

Витрата 100% -го NaCl (густина $\rho = 2170 \text{ кг/м}^3$) на одну регенерацію визначається як:

$$\sigma_{NaOH}^{100} = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot b \cdot E_{\text{кат}} / 1000, \quad (6.8)$$

де b – питома витрата луку кг / м³.

$$\sigma_{NaOH}^{100} = 7,07 \cdot 2,5 \cdot 100 \cdot 600 / 1000 = 1060,5 \text{ кг} = 0,48 \text{ м}^3;$$

					ХН2102 1440 001	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Регенерацію першої ступені Na-катіонітового фільтра робимо 12%-вим розчином NaCl (густина $\rho = 229,5 \text{ кг/м}^3$). Його кількість визначаємо як:

$$\sigma_{NaOH}^{12} = (1069,5 \cdot 100) / 12 = 8912,5 \text{ кг} = 38,8 \text{ м}^3$$

Добова витрата 12%-го розчину NaCl визначається за формулою:

$$\sigma_{NaOH}^{\text{доб}} = \sigma_{NaOH}^{12} \cdot m; \quad (6.9)$$

$$\sigma_{NaOH}^{\text{доб}} = 8912,5 \cdot 3,2 = 28520 \text{ м}^3$$

Кількість води на приготування 12 % розчину NaCl:

$$V_{H_2O} = \sigma_{NaOH}^{12} - \sigma_{NaOH}^{100}, \quad (6.10)$$

$$V_{H_2O} = 38,8 - 0,48 = 38,32 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку

$w_{\text{рег}} = 5 \text{ м/год}$ визначається за формулою:

$$t_1 = \sigma_{NaOH}^{12} / (f_a \cdot w_{\text{рег}}), \quad (6.11)$$

$$t_1 = 38,8 / (7,07 \cdot 5) = 1,09 \text{ год.}$$

Витрата води на відмивання визначається за формулою:

$$V_{\text{відм.}} = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot a, \quad (6.12)$$

Де a – питома витрата води на відмивання $\text{м}^3/\text{м}^3$, $a = 6 \text{ м}^3/\text{м}^3$

$$V_{\text{відм.}} = 7,07 \cdot 2,5 \cdot 6 = 106 \text{ м}^3$$

Тривалість відмивання при швидкості відмивочного потоку $w_{\text{відм}} = 10$

м/год визначається за формулою :

$$t_2 = V_{\text{відм.}} / f_a / w, \quad (6.13)$$

$$t_2 = 106 / 7,07 / 10 = 1,5 \text{ год.}$$

Витрата води на розпушування, при інтенсивності розпушення $i=3$

$\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^3)$, визначається за формулою:

$$V_{\text{розп.}} = f_a \cdot t_3 \cdot i \cdot 60 / 1000, \quad (6.14)$$

де t_3 - тривалість розпушення, хв. ;

$$V_{\text{розп.}} = 7,07 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 12,73 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 = 1,09 + 1,5 + 10/60 = 2,7 \text{ год}$$

					ХН2102 1440 001	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Сумарну витрату води на регенерацію визначимо за формулою:

$$V_{\Sigma} = V_{H_2O} + V_{відм.} + V_{розп.}, \quad (6.14)$$

$$V_{\Sigma} = 38,32 + 106 + 12,73 = 157,05 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки визначається за формулою:

$$q_{H_2O} = V_{\Sigma} \cdot m / 24, \quad (6.14)$$

$$q_{H_2O} = 157,05 \cdot 3,2 / 24 = 20,94 \text{ м} / \text{год.}$$

Матеріал фільтра: вуглецева сталь, на внутрішню поверхню якої нанесено антикорозійне покриття(12X18H10T).

Верхній розподільний пристрій – з нержавіючої сталі.

Нижній дренажно-розподільчий пристрій – з нержавіючої сталі.

6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

Розрахунок баку для накопичення води

В відділенні підготовки води для потреб фармацевтичного підприємства перед рядом очисних апаратів стоїть бак-збірник підігрітої води.

Розрахунок цієї ємності проводиться за рівнянням [11]:

$$V_p = W \cdot \tau, \quad (6.15)$$

де W – об'ємна витрата рідини, $\text{м}^3/\text{год}$;

τ – час перебування рідини в ємності, год.

Обиремо час перебування рідини в ємності 20 хвилин.

Геометричний об'єм ємності більше робочого на 10÷15%, що враховується при виборі ємності.

Розрахуємо об'єм баку для акумулювання води питної за формулою 6.15:

$$V_p = 180 \cdot 0,3 = 54 \text{ м}^3.$$

					ХН2102 1440 001	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Якщо врахувати надбавку 15 %, то геометричний об'єм ємності складатиме 60 м³.

Оберемо прямокутну в плані ємність з такими параметрами:

- висота 5,5 м,
- ширина 3,3 м,
- довжина 3,3 м,

Матеріал баку – поліпропілен. Для внутрішньої поверхні баку можна використати сталь високої якості(марки ВСт4).

Розрахунок насосу

Насос для перекачування води за стандартної температури 20 °С з баку в апарат, що працює під надмірним тиском 0,1 МПа. Витрата води $Q = 0,05$ м³/с. Геометрична висота підйому води 1,5 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 2 м, на лінії нагнітання 3 м. На лінії нагнітання знаходиться 3 відведення під кутом 90°. Вони мають радіус повороту, що дорівнює шести діаметрам труби, а також два нормальних вентиля. На всмоктувальній ділянці трубопроводу встановлено один прямооточний вентиль. Трубопроводи до апарата приєднуються фланцевим з'єднанням.

Вибір трубопроводу :

для всмоктувального і нагнітального трубопроводу приймемо однакову лінійну швидкість води ω , що дорівнює 2 м/с.

Тоді мінімальний діаметр рівний:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \omega}} \quad (6.16)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,05}{3,14 \cdot 2}} = 0,18 \text{ м.}$$

Вибираємо сталевий трубопровід зовнішнім діаметром 200 мм з товщиною стінки 10 мм. Тоді внутрішній діаметр $d = 0,190$ м. Фактична швидкість води в трубі:

					ХН2102 1440 001	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$w = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (6.17)$$

$$W = \frac{4 \cdot 0,054}{3,14 \cdot 0,19^2} = 1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначимо втрати на тертя та місцеві опори.

Значення критерію Рейнольдса:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}, \quad (6.18)$$

де μ – динамічна в'язкість води, Па·с.

$$Re = \frac{1,9 \cdot 0,054 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 101885,4$$

Це значення критерію Рейнольдса вказує на турбулентний режим. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо рівною $2 \cdot 10^{-4}$ м.

Тоді:

$$e = \frac{\Delta}{d} \quad (6.19)$$

$$e = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,19} = 0,01.$$

Розрахунок λ слід проводиться за формулою:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (6.20)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(0,01 + \frac{68}{101885,4} \right)^{0,25} = 0,32$$

Визначимо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктувальної і нагнітальної ліній.

Для всмоктувальної лінії:

- вхід в трубу (приймаємо з гострими краями): $\xi_1 = 0,5$
- прямооточні вентиля: для $d = 0,01$ м, $\xi_\alpha = 0,6$.

Помноживши на поправочний коефіцієнт 0,925, одержуємо $\xi_2 = 0,55$.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктувальній лінії:

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 = 0,5 + 0,55 = 1,05.$$

Втрачений напір у всмоктувальній лінії знаходимо за формулою:

					ХН2102 1440 001	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$h_{II} = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \Sigma \xi_{M.C} \right) \frac{\omega^2}{2g}, \quad (6.21)$$

де l , d_e - відповідно довжина і еквівалентний діаметр трубопроводу.

$$h_{n.вс} = \left(0,32 \cdot \frac{2}{0,19} + 1,05 \right) \frac{0,98^2}{2 \cdot 9,81} = 0,07 \text{ м}$$

Для нагнітальної лінії:

- відведення під кутом 90° : коефіцієнт $A = 1$, коефіцієнт $B = 0,09$; $\xi_1 = 0,09$;
- вентилі: для $d = 0,06 \text{ м}$ $\xi = 3,9$, для $d = 0,08 \text{ м}$ – $\xi \alpha = 4$.

Приймаємо для $d = 0,19 \text{ м}$ – $\xi_2 = 3,96$;

- вихід з труби: $\xi_3 = 1$.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів в нагнітальній лінії:

$$\Sigma \xi = 3 \cdot \xi_1 + 2 \cdot \xi_2 + \xi_3 = 2 \cdot 0,09 + 3 \cdot 3,96 + 1 = 9,19.$$

Втрачений напір в нагнітальній лінії:

$$h_{n.наг} = \left(0,32 \cdot \frac{3}{0,19} + 9,19 \right) \frac{0,98^2}{2 \cdot 9,81} = 0,7 \text{ м}$$

Загальні втрати напору складають:

$$h_{втр} = h_{n.вс} + h_{n.наг} = 0,07 + 0,77 = 0,77 \text{ м}$$

Вибір насоса

Знаходимо напір насоса за формулою:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_{\Gamma} + h_{втр}, \quad (6.22)$$

де p_1 – тиск в апараті, з якого перекачується рідина,

p_2 – тиск в апараті, в який подається рідина, різниця тисків дорівнює надмірному тиску, Па;

H_{Γ} – геометрична висота підйому рідини.

$$H = \frac{0,110^6}{998 \cdot 9,81} + 1,5 + 0,77 = 12,5 \text{ м вод.ст.}$$

					ХН2102 1440 001	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Напір при заданій продуктивності забезпечується відцентровими насосами.

Визначимо корисну потужність насоса:

$$N_{\Pi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 998 \cdot 9,81 \cdot 0,054 \cdot 12,5 = 6608,5 \text{ Вт} = 6,6 \text{ кВт}$$

Приймаючи к.к.д. передачі $\eta_{\text{ПЕР}} = 1$ і $\eta_H = 0,6$ (для відцентрового насоса середньої продуктивності), знайдемо потужність на валу двигуна:

$$N = N_{\Pi} / (\eta_H \cdot \eta_{\text{ПЕР}}) = 6,6 / (0,6 \cdot 1) = 11,01 \text{ кВт}$$

Заданим подачі і напору більше всього відповідає відцентровий насос марки CDXM 200/12, $Q = 15 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 12,5 \text{ м}$, $\eta_H = 0,6$.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухо-пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів.

Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.

7.1 Аналіз технологічного процесу отримання води для потреб фармацевтичного підприємства

На підставі аналізу технологічного процесу, що полягає в очищенні води питної для потреб фармацевтичного підприємства, з урахуванням особливостей перебігу процесу іонообмінного очищення води (опис процесу наведено в розділі 4), слід передбачити:

- контроль та регулювання витрати води на виході з бака-збірника освітленої води;
- контроль та регулювання витрати розчину солі на регенерацію натрій-катіонітових фільтрів;
- контроль витрати води на виході з бака-збірника пом'якшеної води;
- контроль та регулювання рівня рідини у апаратах;
- контроль концентрації NaCl у баці з розчином солі.

Виходячи з технологічної схеми та регламенту процесу, визначаємо задачі, необхідні обсяги, основні рішення щодо автоматизації процесу.

Параметри регулювання та контролю подано у таблиці 7.1.

					XH2102 1440 001	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 7.1 – Параметри контролю та керування виробництвом

№ пор.	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого речі регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід до баку з освітленою водою	Тиск	До 0,6 МПа	Контроль, регулювання
2	Бак освітленої води та бак пом'якшеної води	Рівень	2 м	Контроль, регулювання
3	Фільтри	Тиск	0,4-0,5 МПа	Контроль, регулювання
4	Трубопровід з баку з розчином NaCl	Витрата	20-30 дм ³	Контроль, регулювання
5	Бак з розчином NaCl	Концентрація NaCl	10-12%	Контроль
6	Трубопровід з фільтрів до баку з пом'якшеною водою	Жорсткість (концентрація іонів Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	20-50 ммоль/дм ³	Контроль, регулювання

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи усього технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена вирішувати всі ці завдання [2, 3]. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

Контур 1 забезпечує контроль та регулювання витрати освітленої води в мережі. Він включає в себе такі ТЗА: первинний перетворювач витрати

					ХН2102 1440 001	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

(1-1), проміжний перетворювач витрати (1-2), вторинний показувальний та реєструвальний прилад (1-3), регулювальний блок (1-4), пневматичний виконавчий механізм(1-5). Контур 3 та 5 забезпечує контроль та регулювання рівня води в баку освітленої води та в баку пом'якшеної води відповідно. Він складається з таких ТЗА: 3-1 (5-1) – первинний вимірювальний перетворювач; (3-2; 5-2) – проміжний вимірювальний перетворювач; 3-3 (5-3) – прилад вторинний показувальний.

Контури 7, 8, 9, 10 забезпечують контроль перепаду тиску та сигналізацію у механічному фільтрі та натрій-катіонітових фільтрах 1, 2 та 3 ступені відповідно. Він складається з таких ТЗА: (7-1; 8-2; 9-1; 10-1) – вимірювальний перетворювач; 7-2, 8-2, 9-2, 10-2 – вторинний показувальний і реєструвальний прилад. Контури включають лампи сигнальні світлодіодні із зеленим індикатором(HL1, HL2, HL3, HL4).

Контур 11 забезпечує контроль та регулювання витрати розчину NaCl на регенерацію. Він складається з таких ТЗА: 11-1 первинний перетворювач витрати, 11-2 – проміжний перетворювач витрати, 11-3 – вторинний показувальний та реєструвальний прилад, 11-4 – регулювального блока, 11-5 – пневматичного виконавчого механізму.

Контур 13 контроль концентрації NaCl в баку з розчином солі. Він складається з: 13-1 – первинний проміжний перетворювач, 13-2 – вторинний перетворювач, 13-3 – прилад для індикації та регулювання.

Контур 14 використовують для контролю та реєстрування концентрації іонів важких металів у воді. Контур містить первинний перетворювач (14-1), проміжний перетворювач (14-2), вторинний показувальний та реєструвальний прилад (14-3), перемикач пневматичних каналів 14-4 (14-4).

					ХН2102 1440 001	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

8.1 Структурна схема цеху підготовки води для ін'єкцій



Рисунок 8.1 – Структурна схема цеху.

Начальник цеху – здійснює керівництво виробничо-господарською діяльністю цеху, проводить роботу з удосконалення організації виробництва, його технології, механізації та автоматизації виробничих процесів.

Технолог – забезпечує організацію виробництва, дотримання технології, координує дії трудового колективу, відповідає за якість продукції, що випускається, за працездатність устаткування, його своєчасне технічне обслуговування, ремонт сторонніми організаціями.

Механік – підготовка та виправлення технічних неполадок обладнання;

Лаборант – перевірка стічної та пом'якшеної води, а також реагентів на якість; розробляє методи підвищення якості пом'якшеної води.

Вантажник – завантаження реагентів у витратні баки, завантаження та вивезення відходів.

Прибиральниця – прибирання приміщення.

8.2 Технологічна підготовка виробництва

Виробничий цикл (ВЦ) – період часу між запуском у виробництво сировини і отриманням готової продукції; сукупність основних допоміжних, підсобних процесів необхідних для випуску продукції.

Всі виробничі процеси можна розділити на чотири основні групи:

- основні (подача води, пом'якшення води, фільтрування, мембранний осмос);
- допоміжні (підготовка обладнання, енерго- та теплозабезпечення, регенерація фільтрів, контроль якості,);
- бічні (повернення неякісного продукту).

Визначення оптимального виду руху предметів праці підприємства

Визначають такі основні види руху предметів праці:

- послідовний;
- паралельний;
- синхронізований;
- змішаний.

Перелік і тривалість операцій виробничого процесу підготовки води очищеної:

- подача води (2 хвилини)(один бак);
- фільтрування (10 хвилин)(два фільтри);
- пом'якшення (10 хвилин)(три іонообмінні фільтри);
- контроль якості води очищеної (10 хвилин);

Розглянемо можливість використання кожного із ВРПП для даного цеху.

Послідовний ВРПП

Послідовний ВРПП – це такий ВРПП, коли наступна одиниця продукції завантажується у виробництво тільки після повного завершення процесу виготовлення першого.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

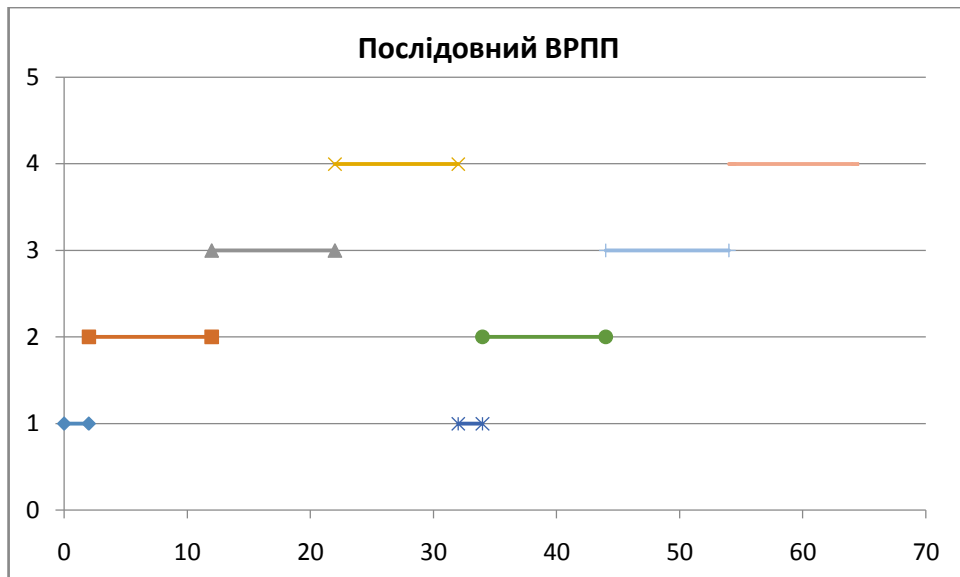


Рисунок 8.2 – Послідовний ВРПП.

$T_{\text{ВЦ}}$ – тривалість виробничого циклу за послідовного ВРПП. Вона розраховується як:

$$T_{\text{ВЦ}} = B \cdot \sum_{i=1}^n t_i ;$$

де $\sum_{i=1}^n t_i$ – тривалість всіх операцій, хв
 B – випуск.

Якщо враховувати, що тривалість однієї зміни на підприємстві 24 години (1440 хвилин) і також те, що продукція на підприємстві випускається партіями, можна розрахувати кількість таких партій за одну зміну за послідовного ВРПП:

$$B = \frac{T_{\text{ВЦ(доб)}}^{\text{посл.}}}{\sum t_i} = \frac{24 \cdot 60}{32} = 45 \text{ партій}$$

Або за одну зміну

$$B = \frac{T_{\text{ВЦ(доб)}}^{\text{посл.}}}{\sum t_i} = \frac{8 \cdot 60}{32} = 15 \text{ партій}$$

Паралельний ВРПП

Паралельний ВРПП – це такий ВРПП, коли обробка виробів на першій операції починається одразу після передачі напівфабрикату на наступну операцію.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

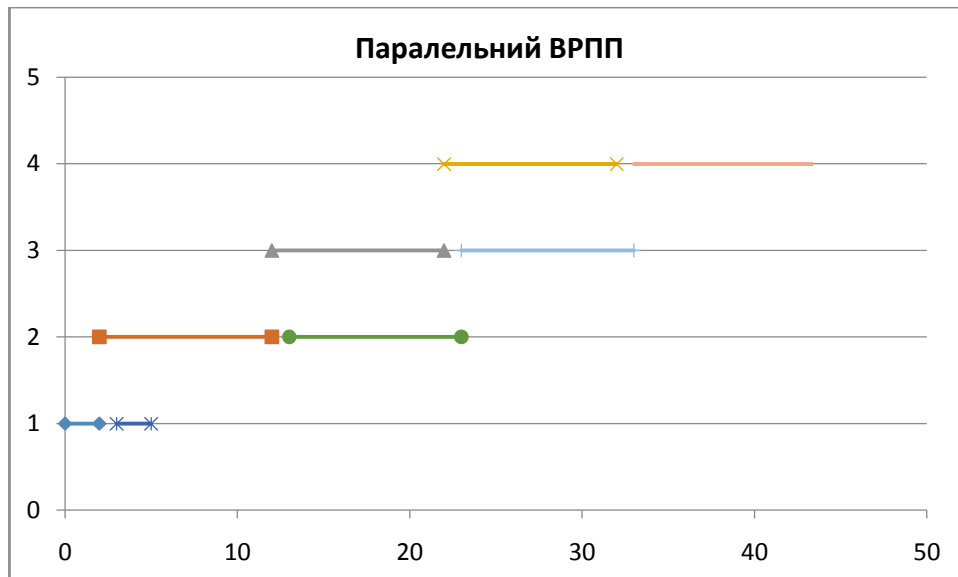


Рисунок 8.3 – Паралельний ВРПП.

$$T_{\text{ВЦ}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1) \cdot t_{\text{max}} ;$$

де t_{max} – тривалість найдовшої операції, хв.

$$T_{\text{ВЦ}} = 32 + (15 - 1) \cdot 10 = 172 \text{ хв.} = 2,8 \text{ год.}$$

$$n = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар.}} - \sum t_i}{t_{\text{max}}} + 1 = \frac{1440 - 32}{10} + 1 = 142 \text{ партії}$$

Синхронізований ВРПП

Синхронізований ВРПП – це окремий випадок паралельного ВРПП, характеризується постійним ритмом процесу. Ритм – період часу між завантаженням попередньої і наступної одиниці продукції у виробництво.

Задаємося ритмом $R=5$ хв.

Тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{ВЦ}} = \sum_{i=1}^n t_i + R \cdot (B - 1) = 32 + 5 \cdot (15 - 1) = 102 \text{ хв.} \approx 1,7 \text{ год.}$$

При такому режимі роботи необхідно:

					ХН2102 1440 001	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

- 1 стадія – $N = t_2/R = 10/5 = 2$ одиниці обладнання ;
 2 стадія – $N = t_3/R = 10/5 = 2$ одиниці обладнання;
 3 стадія – $N = t_4/R = 10/5 = 2$ одиниці обладнання;
 4 стадія – $N = t_1/R = 2/5 = 1$ одиниця обладнання.

$$n = \frac{T_{\text{ВЦ(доб)}}^{\text{синх.}} - \sum t_i}{R} + 1 = \frac{1440 - 32}{5} + 1 = 2823 \text{ партії}$$

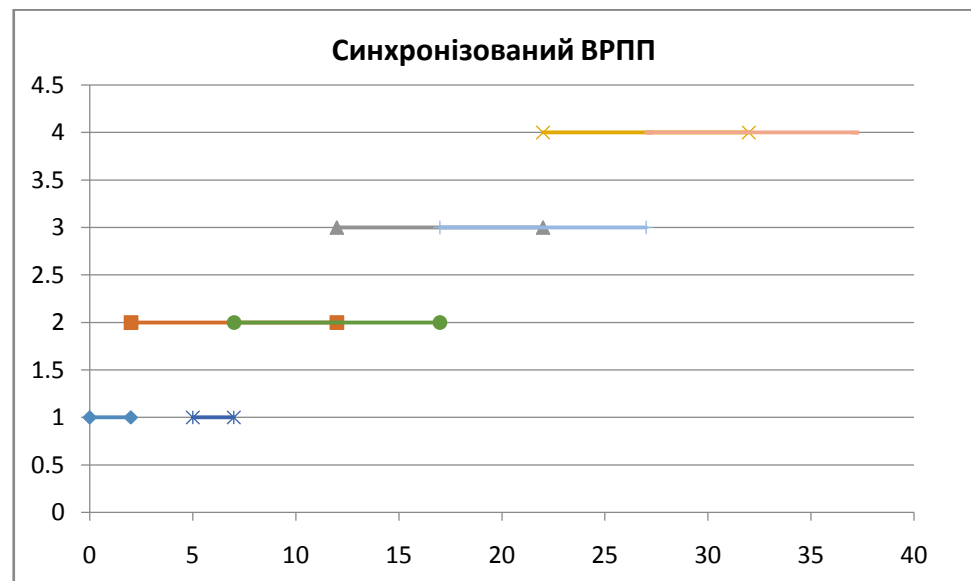


Рисунок 8.4 – Синхронізований ВРПП.

Синхронізований ВРПП потребує додаткової кількості одиниць обладнання та збільшення чисельності працівників. Хоча в той же час значно зростає випуск продукції, збільшуються витрати на придбання обладнання, що в даному випадку недоцільно – підприємство працює з обмеженим об'ємом води, головною характеристикою якої є якість. Паралельний ВРПП використовує меншу кількість обладнання і потребує меншої кількості робочого персоналу, але дає значно більшу кількість води, ніж необхідна підприємству для забезпечення своїх потреб.

Отже, оптимальним видом руху предметів праці для даного підприємства буде – послідовний ВРПП, що забезпечує необхідну продуктивність підприємства і задовольняє потреби споживача. Дані подано у таблиці 8.1.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 8.1 – порівняння видів руху предметів праці

ВРПП Параметр	Послідовний	Паралельний	Синхронізований
Продуктивність, партій	10800	34080	677520
Тривалість виробничого циклу, хв.	480	172	102
Кількість одиниць обладнання, шт.	6	6	12
Кількість працівників	5	5	8

Приймаємо, що тривалість одного виробничого циклу становить 450 хвилин. За один виробничий цикл випускається 1 партія продукції.

Підприємство працює 5 днів на тиждень у три зміни по 8 годин, з 2 вихідними днями, незважаючи на офіційні свята. У році 52 тижні. Кількість днів у році 365. Кількість робочих днів у році 261. Середньорічна тривалість роботи виробництва:

Середньорічна тривалість виробничого циклу розраховується за формулою:

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

де $T_{\text{р}}$ – тривалість робочого часу підприємства протягом доби;

$T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}}$ – фактична тривалість виробничого циклу за графіком;

$D_{\text{к}}$ – кількість календарних днів у році;

$D_{\text{р}}$ – кількість робочих днів на підприємстві з урахуванням святкових та вихідних днів.

Розрахуємо середньорічну тривалість виробничого циклу та річний випуск продукції, якщо:

- фактична тривалість виробничого циклу:

					ХН2102 1440 001	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = T_{\text{вц}} + T_{\text{до}} + T_{\text{перерв}};$$

$$T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = 450 + 0 + 30 = 480 \text{ хв.} = 8 \text{ год.}$$

- середньорічна тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{вц}}^{\text{ср}} = \frac{24 \cdot 365}{24 \cdot 261} \cdot \frac{480}{60} = 11,2 \text{ год.}$$

Річна кількість виробничих циклів:

$$n_{\text{вц}} = \frac{261 \cdot 24}{480/60} = 783 \text{ циклів.}$$

Річний випуск продукції для обраного ВРПП:

$$V_{\text{річ}} = V \cdot n_{\text{цик}} = 1 \cdot 783 = 783 \text{ партії.}$$

Кількість м³ води в одній партії $V_{\text{вц}} = 180 \text{ м}^3$, тоді випуск м³ води за рік становитиме $783 \cdot 180 = 140940 \text{ м}^3$.

Перша зміна працюватиме з 8⁰⁰ до 16⁰⁰: Ч_{яв} = 6 осіб.

Друга зміна – з 16⁰⁰ до 24⁰⁰: Ч_{яв} = 5 осіб

Третя зміна – з 24⁰⁰ до 8⁰⁰: Ч_{яв} = 5 осіб

Графік роботи підприємства

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

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

Підприємство працює 365 днів на рік, тривалість зміни 8 годин. Працює 4 бригади виробничого персоналу. Графіки змінності наведено в таблицях 8.2 та 8.3.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 8.2 – Графік змінності керуючого персоналу

№ бригади	Дні													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В

Таблиця 8.3 – Графік змінності бригадних працівників

№ бригади	Дні															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2
IV	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3

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:

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

де

					ХН2102 1440 001		Арк.
							56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-			

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

$$\varphi_{\text{яв}} = \varphi_{\text{основн.}} + \varphi_{\text{адмін}} = 3 + 3$$

$$\varphi_{\text{сп}} = 3 \cdot 4 + 3 = 15 \text{ осіб.}$$

					ХН2102 1440 001	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8.3 Технічний контроль виробничого процесу

Об'єкти, які підлягають контролю:

- сировина (вода освітлена)
- обладнання (фільтри)
- технологічний процес
- ремонт обладнання.

Вхідний контроль полягає у перевірці якості сировини, яка надходить до переробки. Вхідному контролю підлягає вода, проби якої проходять контроль якості. Проби відбираються 2 рази за зміну, результати заносяться до журналу вхідного контролю.

Поточний контроль – це процес перевірки виконання роботи працівниками і технологічного процесу. Проби води аналізують на загальний солевміст, мікробіологічну чистоту, вміст заліза, мангану, загальну твердість, органічний вуглець, розчинений хлор. За результатами даного виду контролю ведуть журнал поточного контролю.

Заключний контроль – перевірка готової продукції на якість після обробки. Основна мета заключного контролю – витримка технології приготування, перевірка якості та виявлення браку. Контролюється електропровідність води очищеної, вміст ендотоксинів та загальний органічний вуглець. За результатами заключного контролю оформляють паспорт якості. Виконується автоматично.

Суб'єктами контролю є технолог і лаборант.

Працівники проходять вхідний технічний контроль, який визначає їх кваліфікаційний рівень.

Технологічне обладнання підлягає перевірці механіком та технологом після його закупки. Крім того, механік перевіряє стан обладнання на початку і вкінці робочої зміни.

Готову продукцію зберігають і використовують в умовах, що дозволяють запобігти росту мікроорганізмів й уникнути будь-яких інших забруднень. Резервуари для зберігання води, трубопроводи та арматуру виготовляють із стійких до хімічної дії матеріалів спеціальних марок нержавіючої сталі, титану або скла.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Паспорт якості

Паспорт № _____

Найменування продукту : вода пом'якшена

Якість відповідає СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013

Партія № _____

Дата виготовлення - _____

Дата проведення аналізу - _____

Дата пакування - _____

Об'єм однієї партії 180 м³

Показники якості

№	Назва показника	СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013	Дійсне
1	рН води	7	
2	Пірогенність	апірогенна	
3	Нітрати	не більше 0,00002%	
4	Важкі метали	не більше 0,00001%	
5	Окислювальні речовини	не більше 0,5 мг/л	
6	Колір	1	

Термін зберігання – 48 годин .

Умови зберігання: в чистих контейнерах, при температурі не вище 80°C.

Начальник лабораторії _____

(підпис)

Головний технолог _____

(підпис)

					ХН2102 1440 001	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8.4 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Матеріальний баланс оборотних фондів

До оборотних фондів даного виробництва відносять, сировину, електроенергію, допоміжні матеріали. Оборотні фонди виробництва (сировинні) наведено в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Сировина виробництва

Речовина	Витрата на 1 м ³	Ціна на ринку	Вартість, грн/ 1 м ³ води очищеної	Вартість на рік, грн
Вода, м ³	2	5,42 грн/м ³	10,84	1527789,6
Хлорид натрію (таблетована), кг	0,1	9 грн/кг	0,9	807121,1
Всього:			11,74	2334910,7

Таблиця 8.5 – Основні фонди виробництва

Найменування	Вартість, грн
Приміщення	200 000
Обладнання	173 150
Нематеріальні активи	16 500
Господарський інвентар	8 000
Всього	397 650

Амортизаційні відрахування:

а) Амортизація приміщення (будівель) $T_{\text{експ}} = 20$ років:

$$A_{\text{буд}} = V_{\text{буд}} / T_{\text{експ}} = 200\,000 / 20 = 10\,000 \text{ грн/рік};$$

б) Амортизація обладнання $T_{\text{експ}} = 5$ років:

$$A_{\text{обл}} = V_{\text{обл}} / T_{\text{експ}} = 173\,150 / 5 = 34\,630 \text{ грн/рік};$$

в) Амортизація господарського інвентарю $T_{\text{експ}} = 4$ роки:

$$A_{\text{інв}} = V_{\text{інв}} / T_{\text{експ}} = 8\,000 / 4 = 2\,000 \text{ грн/рік};$$

$$A = A_{\text{буд}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{інв}} = 10\,000 + 34\,630 + 2\,000 = 46\,630 \text{ грн/рік}.$$

$$\text{ОФ} = 397\,650 \text{ грн}$$

					ХН2102 1440 001	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 8.6 – Вартість обладнання

Обладнання			
№	Найменування	Кількість	Ціна , грн
1	Насос	2	14050
2	Фільтр вугільний	2	49 000
3	Фільтр іоннообмінний	3	84 100
7	Реагентний бак	2	18 000
8	Допоміжне обладнання		8 000
	Всього		173 150

Витрати електроенергії за регульованими тарифами:

а) Середня витрата потужності підприємства за годину складає 3,57 кВт/год.

б) Ціна 1 кВт = 1,8 грн – денний час (700 – 2300); 1 кВт = 0,35 грн – нічний час (2300–700). Отже, добова витрата на електроенергію складає:

$$E_{\text{доб}} = (3,57 \cdot 16 \cdot 1,8) + (3,57 \cdot 8 \cdot 0,35) = 112,812 \text{ грн.}$$

в) Витрата за рік складе:

$$E_p = 112,812 \cdot 261 = 29443,932 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 8.7 – Заробітна плата персоналу

Посада	Кількість	ЗП, грн
Головний інженер	1	8 000
Начальник цеху	1	5 000
Технолог	4	4·4 500
Механік	4	4·4 000
Лаборант	4	4·4 000
Прибиральниця	1	2 000
Всього		65 000

Фонд оплати праці: 65 000·12 = 780 000 грн/рік.

Нарахування на ЗП: 780 000·1,37 = 1 068 600 грн.

Сумарні витрати на ОбЗ складають 3 432 954,63 грн.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Капіталовкладення:

$$K = OF + O\delta Z,$$

$$K = 46\,630 + 3\,432\,954,63 = 5479584,63 \text{ грн.}$$

Собівартість:

$$C = A + O\delta Z,$$

$$C = 46\,630 + 3\,432\,954,63 = 3479584,63 \text{ грн/рік.}$$

Прибуток складає $\Pi = 0$ грн/рік, оскільки вода на даному етапі виробництва є сировиною для подальшої обробки та виробництва.

Таблиця 8.8 – Порівняння витрат на очищення за допомогою іонообмінного методу та методу зворотнього осмосу.

Показник	Метод зворотнього осмосу	Метод іонообмінного очищення
ОФ	1 460 850	397 650
А	242 170	46 630
ОδЗ	29 375 902	3 432 954,63
К	30 836 752	5 479 584,63
С	29 618 072	3 479 584,63

Порівняння методів зворотнього осмосу та іонообмінного очищення показує, що за вартістю основних фондів, амортизації, оборотних засобів, капіталовкладень, собівартості метод іонообмінного очищення більш ефективний за метод зворотнього осмосу. Дані по методу зворотнього осмосу було взято з дипломного проекту студентки IV курсу Носік Вікторії [24]

					ХН2102 1440 001	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВІДДІЛЕННЯ ПІДГОТОВКИ ПОПЕРЕДНЬО ОЧИЩЕНОЇ ВОДИ

У даному розділі розглядаються можливі проблеми екології, що можуть виникнути при впровадженні схеми виробництва води для потреб фармацевтичного підприємства, а також розробка методів їх вирішення. Основну масу відходів такого виробництва складатимуть рідкі відходи, що утворюються після регенерації катіонітового фільтру, а також води після промивки механічного фільтру та цеху загалом.

9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються у відділенні підготовки попередньо очищеної води

У схемі даного виробництва (див. розділ 6) використовуються іонообмінні і механічні фільтри. Відходами при роботі апаратів є речовини:

1. вугілля активоване відпрацьоване;
2. смоли іонообмінні сатуровані або відпрацьовані;
3. соляні розчини (солі Ca^{2+} , Mg^{2+}), одержані внаслідок регенерації іонообмінних смол;
4. шлам, що утворюється після регенерації іонообмінних смол.

Утилізація відпрацьованих іонообмінних смол є складним процесом, що потребує великих зусиль. Це обумовлено тим, що у існуючих печах спалювання система газоочищення дозволяє перероблювати іонообмінні смоли в малій кількості, лише декілька кілограм у зміну.

Оскільки для забезпечення повноти регенерації іонообмінних смол часто потрібний надлишок реагенту відносно стехіометрично необхідної кількості, то при знесоленні води іонообмінним методом утворюється велика кількість регенераційних вод. Необхідність нейтралізації надлишку реагентів призводить до підвищення вартості продуктів, які треба утилізувати, а в

					ХН2102 1440 001	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

багатьох випадках робить цю утилізацію екологічно та економічно недоцільною.

В результаті очищення води на виробництві утворюються два типи відходів: тверді, – це відпрацьовані іонообмінні смоли, – а також рідкі, – стічні води після промивання, розпушування та регенерації іонітів. Крім того, стічні води утворюються через промивку фільтрів.

9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

З метою зменшення кількості відходів можуть бути запроваджені наступні методи екологізації.

В першу чергу це використання технологій, які забезпечують збереження, відсутність або зменшену кількість відходів комплексної переробки сировини. При цьому необхідно так організовувати територіально-виборчий комплекс, щоб відходи даного виробництва повністю або частково були сировиною для нього. Щоб ефективно вирішити проблеми утилізації відходів виробництва, необхідно здійснити їх паспортизацію, визначити токсичність, передбачити та вивчити наслідки їх впливу на екосистему.

Існують різні методи утилізації іонообмінних смол, наприклад, включення їх у іммобілізуючу матрицю. Цей процес ускладнений тим, що цементний розчин дозволяє дозування лише 10% відпрацьованих іонообмінних смол, адже такі блоки мають велику швидкість вилугування, а бітуми, в які можна включати до 25% іонообмінних смол, заборонені до використання в Україні через високу пожежонебезпечність. Закордоном використовують різні методи утилізації відпрацьованих ІОС: включення і різні іммобілізуючі матриці, сушка та пряме пресування і бочках з наступним цементуванням отриманих блоків, спалювання.

Процес утилізації відпрацьованих ІОС шляхом термічної деструкції цілком безпечний та відповідає екологічним нормам, що дозволяє скоротити

					ХН2102 1440 001	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

викиди забруднюючих речовин у атмосферу та воду.

Але більшою екологічною проблемою відділу є великий обсяг регенераційних вод після натрій-катіонування, тому і основна частина заходів щодо екологізації роботи відділу проводиться саме для її вирішення.

Для боротьби з даною проблемою можна використовувати протитечійний або багатопорційний режим регенерації, що забезпечує повторне використання регенераційного розчину. У такому режимі необхідний об'єм концентрованого регенераційного розчину поділяють на декілька порцій. Їх фільтрують крізь іонообмінний фільтр послідовно, а відпрацьований розчин зливають у збірник. Як результат, на утилізацію відправляється лише та порція розчину, у якій співвідношення концентрацій іонів, що були витіснені зі смоли, та регенеруючих іонів найбільше. В такому випадку витрати на нейтралізацію надлишкового реагенту будуть мінімальні. Всі інші порції регенераційного розчину використовуються у новому циклі для регенерації в такій послідовності, що буде відповідати збільшенню розчині надлишку невикористаного реагенту. Як результат, новий реагент буде витрачатись на приготування однієї порції розчину, який буде використовуватись для завершення регенерації фільтра.

9.3 Обране рішення та екологічний моніторинг

Екологічний моніторинг виробництва – це система нагляду, аналізу, зберігання інформації про стан навколишнього середовища, прогнозування її змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо покращення екологічного стану на підприємстві і навколо нього та для прийняття ефективних управлінських рішень.

Щоб своєчасно отримувати повну інформацію про стан довкілля, необхідно вдосконалювати систему екологічного моніторингу. Він повинен забезпечувати точний опис стану екологічних проблем, на основі якого обґрун

					ХН2102 1440 001	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

товуються керівні рішення щодо його покращення. Необхідно впроваджувати комплексні програми розвитку виробництва для підприємства, забезпечувати раціональне та безпечне природокористування.

Основні відходи підприємства – рідкі. Для їх утилізації використовуються локальні очисні споруди, на яких має здійснюватись якісний та кількісний контроль води, що надходить на очистку та вже очищених вод.

9.4 Розрахунок екологічних платежів

В тому випадку, якщо на підприємстві не проводять заходів щодо екологізації, не проводиться знешкодження стоків, то підприємство зобов'язане сплачувати державі екологічний податок. Оскільки відділення скидає лише рідкі відходи, то необхідно розрахувати відповідний податок.

Суми податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти (Пс), обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів скидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою [24]:

$$P_c = \sum_{i=1}^n (M_{л_i} \cdot N_{п_i} \cdot K_{ос}), \quad (10.7)$$

де $M_{л_i}$ – обсяг скиду i -тої забруднюючої речовини в тоннах;

$N_{п_i}$ – ставки податку в поточному році за тонну i -того виду забруднюючої речовини у гривнях з копійками;

$K_{ос}$ – коефіцієнт, що дорівнює 1,5 і застосовується уразі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера (в іншому випадку коефіцієнт дорівнює 1).

Згідно з п.5.1, на 1 м³ води очищеної витрачається 0,67 кг хлориду натрію на регенерацію катіоніту. Отже, за рік витрачається 694 т хлориду натрію. Річний обсяг скиду хлоридів становить 420 т. Згідно статі 245 Податкового кодексу України податок на скид хлоридів становить 25,05 грн/т.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

На 1 м³ води очищеної витрачається 0,001 м³ 10%-вої сульфатної кислоти на нейтралізацію стоків. Отже, за рік витрачається 1,04 т цього розчину. Річний обсяг скиду сульфатів становить 0,11 т. Згідно статі 245 Податкового кодексу України податок на скид сульфатів становить 25,05 грн/т. Розрахуємо суму податку за фотмулою 10.7:

$$P_c = \sum_{i=1}^n (694 \cdot 25,05 \cdot 1 + 0,11 \cdot 25,05 \cdot 1) = 17387,45 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Витрати на розведення стоків водою складають:

$$P = \beta_{\text{вод.питн.6}} \cdot V^{\text{рік}} \cdot C_{\text{вод}} = 0,64 \cdot 1036\,800 \cdot 10,84 = 7192903,68 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Таким чином, в даному розділі дипломного проекту визначено і охарактеризовано основні види відходів та розроблено систему їх знешкодження. Також запропоновано метод екологізації відділу. Описано основні методи аналізу стоків в межах екологічного моніторингу діяльності відділу. Розраховано суму екологічного податку – 657 грн/рік, якщо проводити заходи щодо екологізації роботи відділення (розведення стоків водою), сума затрат складатиме 167 631 грн/рік, при використанні антискаланту – 1738 грн/рік та додаткове обладнання. Тому обраним рішення є своєчасна сплата штрафів.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

10 ОХОРОНА ПРАЦІ

Як можна побачити з технологічного проекту відділення очищення води для потреб фармацевтичного підприємства, на об'єкті знаходяться шкідливі для життєдіяльності речовини, використовується електрична та механічна енергія. Внутрішньоцеховий транспорт представлений промисловими трубопроводами.

Проект виконаний з урахуванням вимог щодо охорони праці та пожежної безпеки.

У даному розділі на основі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів передбачені заходи і засоби щодо забезпечення здорових, безпечних умов праці та пожежної безпеки.

10.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проектується. Заходи з охорони праці.

10.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості Па та Пб. Складено таблицю санітарних норм параметрів мікроклімату для названих приміщень (таблиця 9.1) [15].

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2 °С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 10.1 – Санітарні норми мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень згідно ДСН 3.3.6.042-99

Період року	Категорія робіт	Температура, °C			Відносна вологість		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Нижня межа	Верхня межа				
Холодний	Па	18-20	15-17	23-24	40-60	75	0.2	< 0.3
	Пб	17-19	13-15	21-23	40-60	75	0.2	< 0.4
Теплий	Па	21-23	17-18	27-29	40-60	65	0.3	0.2-0.4
	Пб	20-22	16-17	27-29	40-60	70	0.3	0.2-0.5

Температура зовнішньої поверхні обладнання, з яким працюють в цеху під час виконання роботи, становить:

$$t_n = t_{onm} + 2^{\circ}C = 18 + 2 = 20^{\circ}C \text{ – в холодний період року,} \quad (10.1)$$

$$t_n = t_{onm} + 2^{\circ}C = 21 + 2 = 23^{\circ}C \text{ – в теплий період року,} \quad (10.2)$$

де t_{opt} – нормативне значення повітря робочої зони в теплий період року, °C.

Фактичні значення параметрів мікроклімату підтримуються за рахунок використання системи центрального водяного опалення.

Коротка санітарна характеристика проектованого цеху приведена в таблиці 10.2.

Таблиця 10.2 – Коротка санітарна характеристика цеху

Найменування цеху	Цех водопідготовки
Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	NaCl, витік внаслідок пошкодження трубопроводу
Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	Подразнюючої дії. Викликає запалення органів дихання та слизової оболонки очей
ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³	1
Клас небезпечності шкідливої речовини	4
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Промислові протигази марок «К» і «М» ГОСТ 12.4.122-83 Спецодяг Щ ГОСТ 27653-88
Засоби до лікування і допомоги	Винести потерпілого на свіже повітря, терміново викликати швидку
Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Колориметричний

За способом організації повітрообміну передбачена комбінована припливно-витяжна система вентиляції. Припливна вентиляція слугує для подачі чистого повітря ззовні у приміщення. При витяжній вентиляції повітря вилучається з приміщення, а зовнішнє надходить через вікна, двері, нещільності будівельних конструкцій. Припливно-витяжна вентиляція поєднує першу й другу.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

10.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06 розряд робіт у робочому приміщенні становить IV та V. У таблиці 9.3 наведено санітарні норми параметрів освітлення [17].

Таблиця 10.3 – Санітарні норми параметрів освітлення

Розряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення	Суміщене освітлення		
	Освітленість, лк			Сукупність нормованих величин показника осліпленості і		КПО, %			
	При системі комбінованого освітлення		При системі загального освітлення			При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні
IV	400	200	200	40	20	4	1,5	2,4	0,9
V	-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6

Проектом передбачається природне, робоче та аварійне освітлення. Природне освітлення представлене боковим світлом. У якості штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Згідно ДБН В.2.5-28-06, використовується напруга 220 В. Для аварійного освітлення використовують лампи розжарювання та люмінесцентні лампи.

Нижче приведений розрахунок системи загального електричного освітлення цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку.

					ХН2102 1440 001				Арк.
									71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-					

Розрахунок потоку, необхідного для забезпечення заданої освітленості горизонтальної поверхні при загальному рівномірному освітленні з урахуванням світла, що відбивається стінами та стелею проводиться за формулою (для люмінесцентних ламп):

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{ESk_3Z}{Nn\eta}, \quad (10.3)$$

де E – нормоване освітлення, 500 лк;

S – площа приміщення, 500 м²;

k – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості при експлуатації, $k = 1,3$;

Z – коефіцієнт нерівномірного освітлення, $z = 1,1$;

N – кількість світильників, 80;

n – кількість лампочок в світильнику, 2;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, 0,6.

Отже, світловий потік становить:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{500 \cdot 500 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{80 \cdot 2 \cdot 0,6} = 3724 \text{ лм.}$$

Вибір стандартної лампи та визначення її потужності проводиться згідно ГОСТ 6825-74.

За розрахованим значенням світлового потоку, що дорівнює $F = 3581$ лм, необхідного для забезпечення заданої освітленості, обираємо тим лампи ЛД потужністю 80 Вт і визначимо електричну потужність всієї освітлювальної системи:

$$W = P \cdot n \cdot m, \quad (10.4)$$

де W – потужність освітлювальної системи, Вт;

P – потужність однієї лампи, $P = 80$ Вт;

$$W = 80 \cdot 80 \cdot 2 = 12800 \text{ Вт.}$$

Освітленість контролюється за допомогою люксметра Ю-116 не менше одного разу на рік, після ремонту освітлювальної установки.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

На випадок відключення робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Лампи аварійного освітлення приєднані до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

10.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Джерелами шуму та вібрації на виробництві очищеної води для фармацевтичних підприємств є насоси та фільтри.

За ДСН 3.3.6.0.37-99 рівень звуку на постійному робочому місці не повинен перевищувати 80 дБА [15]. Фактичний рівень шуму складає 76 дБА., що задовольняє вимогам.

Для захисту від шуму на підприємстві можуть встановлювати звукоізоляційні пристрої, такі як: перегородки, екрани й об'ємні звукопоглиначі (перфоровані куби та кулі) що встановлюються над насосами.

Для контролю шуму використовують шумоміри, для контролю вібрації – прилад ВШВ-003. Зниження рівня шуму здійснюється за рахунок:

- жорсткого кріплення вібруючих деталей та вузлів, усунення надлишкових зазорів в супряженнях машин і механізмів;
- балансування (врівноваження) рухомих і особливо обертових деталей і механізмів;
- збільшення загальної маси фундаменту і використання металевих масивних плит в фундаментних опорах;
- зміни числа обертів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою;
- застосування динамічних віброгасників.

У якості засобів індивідуального захисту використовують протишумні шоломи, навушники, вкладки.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

10.1.4 Електробезпека

Ураження електричним струмом можливе у результаті дотику до відкритих струмопровідних елементів обладнання, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електричну дугу.

Електроустаткування на виробництві живиться від трифазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Електричне устаткування має ізолюючі кожухи. Ізоляція проводів дає основний захист від ураження струмом, і її стан безперервно контролюється пристроєм УАКИ. При живленні електроустаткування трьохфазною мережею з глухозаземленою нейтраллю напруги до 1000 В, як ефективний колективний захист від ураження електричним струмом, передбачено занулення корпусів електричного обладнання.

Розрахуємо допустимі рівні напруги (U_d) та струму (I_d), що проходить через людину під час однофазного дотику до неізольованої частини проводів:

$$I_d = \frac{U_\phi \cdot 10^3}{R_l + R_0}, \text{ мА}; \quad (10.5)$$

$$U_d = I_d \cdot R_l, \quad (10.6)$$

де $R_l = (2 \div 4)$ – опір тіла людини, кОм;

$R_0 = 4$ – опір заземлення нейтралі джерела струму, Ом;

I_d – електричний струм, який проходить через людину, мА;

U_ϕ – фазна напруга, 220 В.

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення становлять:

$I_d = 6 \text{ мА}$ і $U_d = 36 \text{ В}$ – змінного струму в аварійному режимі при $\tau > 1 \text{ с}$;

$I_d = 0,3 \text{ мА}$ і $U_d = 2 \text{ В}$ – при нормальному режимі при $\tau \leq 10 \text{ хв/добу}$.

$$R_l = 2000 \text{ Ом}.$$

Тоді згідно з рівняннями (10.5) – (10.6):

					ХН2102 1440 001	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,79 \text{ мА} ;$$

$$U_{\text{д}} = 109,79 \cdot 2 = 219,58 \text{ В} .$$

Порівнюючи розрахункові значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{дот}}$ з нормативними, бачимо, що при порушенні вимог ПБЕ в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками.

Для захисту працюючих на проектуваному підприємстві передбачаються наступні заходи:

- використання занулення, захисне відключення електроустановок, при виникненні небезпеки ураження електричним струмом, вирівнювання потенціалу;
- застосування з'єднувальних провідників зі справною ізоляцією;
- проектом передбачені огорожувальні пристрої, суцільні огорожі для електроустановок;
- допуск до роботи по видаленню несправностей лише людей, які пройшли спеціальну підготовку;
- проектом передбачена попереджувальна сигналізація та попереджувальні знаки встановлені в місцях наближених до місць, які знаходяться під напругою.

Для забезпечення електробезпеки використовуються окремо чи у поєднанні такі способи та засоби: електроізоляція струмоведучих частин; електрозахистні засоби: діелектричні коври, діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, ізолювальні підставки, плакати та знаки безпеки; захисне відключення електроустановок при виникненні в них небезпеки ураження струмом. Вимірювання опору заземлюючих пристроїв проводиться щорічно. Опір ізоляції перевіряється один раз в 3 роки.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

10.1.5 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання

Основним небезпечним фактором на об'єкті є розрив трубопроводів установки водопідготовки, що виникає внаслідок гідравлічних ударів, різкого коливання тиску, дефектів металу.

Іонообмінні фільтри працюють під тиском (максимум 0,6 МПа) і при їх обслуговуванні найбільшою небезпекою є пошкодження фланців на арматурі, порушення ущільнення сальникових набивок.

Основними заходами безпеки щодо ведення технологічного процесу є виключення безпосереднього контакту працюючих з цими апаратами та застосування автоматичного контролю і регулювання. Для дотримання цих заходів все устаткування цеху обладнано необхідною запірною арматурою, запобіжними клапанами, манометрами, показниками рівня рідини.

Безпека роботи обладнання забезпечується у відповідності до ГОСТ 13.3.002-75 – вибір технологічного процесу, режимів роботи обладнання; вибір вихідних матеріалів, спосіб їх зберігання та транспортування; розділення функцій між людиною та обладнанням.

Безпека обслуговування апаратури досягається правильним її розташуванням, згідно якого ширина зон обслуговування апаратів становить 1,5 м, ширина робочих проходів між фільтрами, мембраною та баками складає 2,5 м. Безпечна експлуатація насосів забезпечується завдяки надійній конструкції, корозійній стійкості матеріалу та герметичністю ущільнення рухомих частин.

Щоб підтримувати обладнання в робочому стані, своєчасно проводяться технічні обслуговування та ремонт.

У випадку розриву трубопроводу необхідно викликати спеціалізовану службу та повідомити курівництво і весь персонал.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

10.2 Пожежна безпека

В проектуваному цеху знаходяться горючі матеріали: меблі, вікна, двері, електрообладнання.

Електрообладнання може спалахнути в результаті наступних причин:

- перевантаження та нагрів електрообладнання;
- іскра від пошкодження електропроводки;
- електрозамикання.

Для гасіння пожежі передбачена стаціонарна система пожежогасіння багатократною повітряно-механічною піною, водогінна мережа, змонтована у вигляді стояків. Будівля захищена від прямого удару блискавки блискавко-відводом стрижньового типу. Безпечність експлуатації електрообладнання досягається системою організаційних та технічних заходів і засобів. До них відносяться: електрична ізоляція, недоступність струмоведучих частин, занулення. Для гасіння пожежі, на робочих місцях прийняті протипожежні щити з набором засобів пожежогасіння, вогнегасники ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8, пінні вогнегасники, ящики з піском.

Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автоматичного типу ПТІМ на висоті 6-10 метрів від рівня підлоги.

У коридорах на шляхах евакуації персоналу передбачені протидимові та протипожежні перегородки. Існуюча довжина евакуаційних шляхів та ширина дверей відповідає ДБН-В 2.5.28 2006 “Протипожежні норми”.

В таблиці 9.4 наведено показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів [17].

					ХН2102 1440 001	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 10.4 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Приміщення цеху		Приміщення цеху	Назва ділянки, установки
Гетинакс	Дерево	Машинне масло	Речовини, що обертаються у виробництві
Т	Т	рідина	Агрег. стан реч. при нормальних умовах
Ввжкозайм.	Легкогор.	горючий	Горючість, займистість, вибухонебезпечність
120	-	200	Температура спалаху, °С
285	190-230	160	Температура займання, °С
480	270-280	380	Температура самозаймання °С
Па	Па	Пб	Вибухонебезпечні суміші з повітрям
Т1	Т3	-	
Вода, піна	Вода, піна	Вода, вогнегасники вуглекис-лотні ВВ-5, пінні	Засоби пожежогасіння
В	Б	Г	Категорія приміщення по ОНТП 24-86
П-П	П-П	,	Клас приміщення /зона/ і зовнішніх установок згідно з ПБЕ
Ша			Категорія об'єкту і тип зони захисту від блискавки згідно з СН 305-77

ВИСНОВКИ

У даному звіті з практики розглянуто історію кафедри ТНР та ЗХТ, проведено критичний аналіз існуючих способів очищення води і обґрунтовано вибір найбільш ефективного і економічного способу у виробництві води для ін'єкцій – іонного обміну. Розглянуто хімізм і теоретичні основи процесу іонного обміну. Наведено характеристику сировини та технічні вимоги до готового продукту, а також матеріалів виробництва. Запропоновано технологічну схему відділення очищення води для потреб фармацевтичного підприємства з установкою іонного обміну, електродеіонізаційною установкою та блоком ультрафільтрації.

Проведено розрахунок основного обладнання: необхідна кількість Na-катіонітових фільтрів 1-ї ступені – 4, загальна тривалість регенерації $t = 0,65$ год, сумарна витрата води на регенерацію $V_{\Sigma} = 141,35 \text{ м}^3$; та допоміжного обладнання: бак для акумулювання підігрітої води – висота 1,6 м, ширина 2 м, довжина 2 м, відцентровий насос – потужність двигуна $N = 0,8 \text{ кВт}$.

У дипломному проекті наведено схему автоматизації процесу отримання води для потреб фармацевтичного підприємства, що передбачає контроль та регулювання рівня у баках-збірниках, контроль тиску у вугільних та іонообмінних фільтрах, контроль та регулювання рН у баках з розчином солі.

Було розглянуто основні аспекти екологічної безпеки виробництва, наведено джерела виникнення відходів, запропоновано заходи щодо їх утилізації. Передбачено заходи з охорони праці, розраховано виробниче освітлення, досліджено виробничий шум та вібрацію, забезпечено електробезпеку, безпеку технологічного процесу та обладнання, пожежну безпеку.

Проведено економічні розрахунки, які показують доцільність використання методу іонного обміну: собівартість води (3479584,63 грн/рік), а також порівняно економічні показники цеху іонного обміну та зворотнього осмосу (собівартість води за методом зворотнього осмосу у 85 разів більша за собівартість води, отриманої іонним обміном).

					ХН2102 1440 001	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кульский, Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – К.: Наук. думка, 1980. – 564 с.
2. Тенденции развития мирового рынка фармацевтической продукции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.evolutio.info/content/view/2259/235/> вільний.
3. Предварительная подготовка и получение воды очищенной [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.medbusiness.ru/248.php> вільний.
4. Конспект лекцій з предмету «Теоретичні основи хімії та водо підготовки», викладач доц. к. т. н. Толстопалова Н.М.
5. Національний стандарт України «ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=61154 вільний.
6. Лікарські засоби. Якість води для застосування у фармації СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013 [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.moz.gov.ua/docfiles/dod398_voda_2013.pdf вільний.
7. Water system for pharmaceutical purposes» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.gmpua.com/Service/WATER/PurifiedWater/index.html> вільний.
8. Громогласов, А.А. Водоподготовка: процессы и аппараты: Учеб. пособие для вузов /А.А. Громогласов, А.С. Копылов, А.П. Пильщиков; Под ред. О.И. Мартыновой, – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с., ил.
9. Активоване вугілля Chemviron Calgon Filtrasorb 300[Електронний ресурс] – Режим доступу: http://aquatex.com.ua/products/chemviron_calgon_filtrisorb_300 вільний.
- 10.Беликов, С.Е. Водоподготовка. Справочник для профессионалов

		[Текст] / С.Е. Беликов	– М.:Аkvатерм, 2007. – 271 с.		Арк.
			ХН2102 1440 001		80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-	

ISBN 5-902561-09-4.

11. Павлов, К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов/Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.
12. "Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://home.chem.univ.kiev.ua/sol/specifications/water/sanpin_2.2.4-171-10.pdf вільний.
13. ГСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною".
14. 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. : іл. — Бібліогр.: с. 328-330. — 300 пр. — ISBN 978-966-622-520-0, ISBN 978-966-622-531-6.
15. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст].
16. СНиП 2.04.05.-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст].
17. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
18. Макаров, Г. В. Охорона праці в хімічній промисловості [Текст] / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Мариніна. – М.: Химія, 1989. – 497 с.
19. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ Видавництво „Політехніка”, 2002. – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. – 300 пр.

					ХН2102 1440 001	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

20. Білявський, Г.О Основи екології: теорія та практикум: навчальний посібник / Г.О.Білявський, Л.І.Бутченко, В.М.Навроцький. 2-е вид., перероб. та доп. – К: Лібра, 2004 – 35 с.- ISBN 966-7035-42-5.
21. Правила приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва. <http://www.vodokanal.kiev.ua/> (меню Нормативно-правова база).
22. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». <http://zakon4.rada.gov.ua/> (меню Законодавства України)
23. Водний кодекс України <http://zakon4.rada.gov.ua/> (меню Законодавства України)
24. Дипломний проект студентки НТУУ «КПІ», Носік Вікторії на тему «Очищення води методом

					XH2102 1440 001	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ДОДАТОК А
ДОДАТОК Б
ДОДАТОК В

					ХН2102 1440 001	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		