

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Хіміко-технологічний факультет
Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

До захисту допущено

В. о. завідувача кафедри

_____ /Н.М. Толстопалова

“ ____ ” _____ 201__р.

Дипломний проект
освітньо-кваліфікаційного рівня “спеціаліст”

з напрямку 7.05130101 Хімічні технології неорганічних речовин на тему:
Відділення підготовки води для ін'єкцій

Виконала: студентка 6 курсу, групи ХН-51с
Яйченя Юлія Олександрівна _____

Керівник к. х. н., доцент Іваненко І. М. _____

Консультанти

з автоматичного регулювання доц. Лукінюк М.В. _____

з економіко-організаційних рішень к. т. н., доц. Підлісна О.А. _____

з охорони праці к.т.н, доц. Полукаров Ю.О. _____

з об'ємно-планувальних рішень к.т.н., ас. Крimeць Г. В.. _____

_____ (назва розділу) _____ (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

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

Київ – 2017 року

Студент _____

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”

Факультет хіміко-технологічний

Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

Освітньо-кваліфікаційний рівень спеціаліст

Напрямок підготовки 6.0511301 хімічна технологія

Спеціальність 7.05130101 Хімічні технології неорганічних речовин

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Н.М. Толстопалова
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 201__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Яйчені Юлії Олександрівні

1. Тема проекту: Відділення підготовки води для ін'єкцій

керівник проекту: Іваненко Ірина Миколаївна, канд.. хім.. наук, доц..

затверджені наказом по університету від «___» _____ 201__ року № _____

2. Строк подання студентом проекту «___» _____ 201__ року

3. Вихідні дані до проекту: _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Технологічна частина. Автоматичне регулювання та контроль виробництва. Екологічна безпека виробництва Об'ємно-планувальні рішення. Економіко-організаційні розрахунки. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу. Обов'язкові креслення:

- ☐ технологічна схема відділення (1 аркуш формату А1);
- ☐ схема дистанційного контролю та автоматичного регулювання технологічних параметрів (1 аркуш формату А1);
- ☐ креслення загального вигляду технологічного реактора (1 аркуш формату А1);
- ☐ об'ємно-планувальні рішення (2 аркуші формату А1);
- ☐ Рекомендовані ілюстрації: ілюстрація результатів розрахунку економіко-організаційної частини (1 аркуш формату А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 6, 8,9	к. х. н., доц. Іваненко І.М.		
7	доц. Лукінюк М.В.		
10	к. т. н., ас. Кримець Г.В.		
11	доц. Полукаров Ю.О.		
12	к. т. н. доц. Підлісна О.А.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Описання технологічної схеми виробництва. Креслення технологічної схеми на форматі А4.		
2	Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв. Характеристика прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.		
3	Визначення витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв: розрахунок матеріального балансу виробництва; розрахунок теплового балансу виробництва; розрахунок витратних коефіцієнтів;		
4	Комп'ютерний набір технологічної частини пояснювальної записки.		
5	Характеристика технологічного обладнання: розрахунок та вибір основних реакторів; розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання.		
6	Автоматичний контроль та керування виробництвом		
7	Стандартизація і метрологія та системи управління якістю продукції із залученням стандартів ISO		
8	Екологічна безпека виробництва		
9	Об'ємно-планувальні рішення		
10	Охорона праці виробничого процесу		
11	Економічні розрахунки		
12	Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень та ілюстративних плакатів		
11	Попередній захист		

Студент

Керівник проекту

Пояснювальна записка до дипломного проекту
на тему: Відділення підготовки води для ін'єкцій

Київ – 2017 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 98 с.; 7 рис.; 30 табл.; 1 додаток; 19 посилань.

Розроблено проект відділення підготовки води для ін'єкцій. В проекті обґрунтовано вибір підготовки води для ін'єкцій методом дистиляції. Наведено вимоги до сировини та готової продукції. Обґрунтовано норми технологічних режимів, наведена технологічна схема процесу та її опис. Розраховано матеріальний і тепловий баланси виробництва. На підставі розрахунків обрано основне та допоміжне обладнання у відповідності з заданою потужністю виробництва. Наведено схему автоматичного контролю і керування процесом, розроблено економіко-організаційну частину проекту. Розглянуто питання екологічної оцінки виробництва та техніки безпеки проведення виробничого процесу.

ВОДА ДЛЯ ІН'ЄКЦІЙ, ДИСТИЛЯЦІЯ, БАГАТОКОЛОННИЙ
ДИСТИЛЯТОР, МЕХАНІЧНИЙ ФІЛЬТР, ВУГІЛЬНИЙ ФІЛЬТР,
ЗВОРОТНИЙ ОСМОС, УФ – ЛАМПА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЕКОНОМІКА,
ЕКОЛОГІЯ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 98 с.; 7 рис.; 30 табл.; 1 приложение; 19 ссылок.

Разработан проект отделения подготовки воды для инъекций. В проекте обоснован выбор подготовки воды для инъекций методом дистилляции. Приведены требования к сырью и готовой продукции. Обоснованы нормы технологических режимов, приведена технологическая схема процесса и ее описание. Рассчитаны материальный и тепловой балансы производства. На основании расчетов выбрано основное и вспомогательное оборудование в соответствии с заданной продуктивностью производства. Приведена схема автоматического контроля и управления процессом, разработана экономико-организационная часть проекта. Рассмотрены вопросы экологической оценки производства и техники безопасности проведения производственного процесса.

ВОДА ДЛЯ ИНЪЕКЦИЙ, ДИСТИЛЛЯЦИЯ, МНОГОКОЛОННЫЙ
ДИСТИЛЛЯТОР, МЕХАНИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР, УГОЛЬНЫЙ ФИЛЬТР,
ОБРАТНЫЙ ОСМОС, УФ – ЛАМПА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭКОНОМИКА,
ЭКОЛОГИЯ

Abstract

The explanatory note: 98 p.; 7 ill.; 30 tables; 1 appendice; 19 references.

The project of the section of preparing water for injection has been developed. Selection of the water treatment for injection by distillation has been grounded. Requirements for the raw materials and finished products has been described. Standard technological conditions have been grounded. The process scheme is described. Material and thermal balances have been calculated. Principal and auxiliary equipment has been parametrized corresponding to the given production capacity. Control and management automation scheme is herewith applied. Economy and organization part of the project has been developed. The environmental assessment of production and safety of the production process has been considered.

WATER FOR INJECTION, DISTILLATION, MULTILINEAR
DISTILLER, MECHANICAL FILTER, COAL FILTER, REVERSE OSMOSIS,
UV LAMP, AUTOMATION, ECONOMY, ECOLOGY

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ХН 51с14 1440 000 ПЗ	Пояснювальна записка	98	
3	A1	ХН 51с14 1440 001 ТК	Технологічна схема	1	креслення
4	A1	ХН 51с14 1440 002 СхА	Схема автоматизації	1	креслення
5	A1	ХН 51с14 1440 003	Багатоколонний дистилятор	1	креслення
6	A1	ХН 51с14 1440 004	План-розріз	1	креслення
7	A1	ХН 51с14 1440 005	Генеральний план	1	креслення
8	A1	ХН 51с14 1440 006 ІЛ	Економічні показники	1	ілюстрація

				ДП ХН51с14 1440		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Яйченя Ю.О.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Іваненко І.М.				1	1
Консульт					«КПІ ім. Ігоря Сікорського» Каф. ТНР та ЗХТ Гр. ХН-51с	
Н/контр.	Супрунчук В.І.					
Зав.каф.	Толстопалова Н.М.					

<u>ВСТУП</u>	12
<u>1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА</u>	14
<u>2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБЛЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ, ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ ТА НАПІВПРОДУКТІВ, МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ</u>	16
<u>3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА, ХІМІЗМ, ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ</u>	20
<u>4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА</u>	25
<u>5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГОНОСІЇВ</u>	30
<u>5.1 Розрахунок матеріального балансу дистилятора</u>	30
<u>5.2 Розрахунок матеріального балансу установки зворотного осмосу</u>	30
<u>5.3 Розрахунок енергетичного (теплового) балансу виробництва</u>	33
<u>5.4 Розрахунок витратних коефіцієнтів</u>	34
<u>5.4.1 Витратний коефіцієнт води питної</u>	34
<u>5.4.2 Витратний коефіцієнт солі на регенерацію катіоніту</u>	34
<u>6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</u>	35
<u>6.1 Розрахунок основного апарата</u>	35
<u>6.2 Розрахунок допоміжного обладнання</u>	35
<u>6.2.1 Розрахунок мембранної установки</u>	35
<u>6.2.2 Розрахунок Na-катіонітового фільтра</u>	39
<u>7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА</u>	41
<u>7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації</u>	41

7.2	<u>Опис розробленої схеми автоматизації процесу</u>	42
8	<u>ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА</u>	44
8.1	<u>Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються</u>	44
8.2	<u>Можливі варіанти екологізації виробництва</u>	46
8.3	<u>Обране рішення та екологічний моніторинг</u>	47
8.4	<u>Розрахунок екологічних платежів за зберігання твердих відходів</u>	48
9	<u>ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ</u>	50
9.1	<u>Компонування обладнання виробництва</u>	50
9.2	<u>Підйомно-транспортне устаткування</u>	53
9.3	<u>Конструктивне рішення будівлі і її елементів</u>	54
9.4	<u>Генеральний план виробництва</u>	56
10	<u>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</u>	60
10.1	<u>Виявлення та аналіз шкідливих, небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці</u>	60
10.1.1	<u>Повітря робочої зони</u>	60
10.1.2	<u>Виробниче освітлення</u>	63
10.1.3	<u>Захист від шуму та вібрацій</u>	65
10.1.4	<u>Електробезпека</u>	65
10.1.5	<u>Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання</u>	67
10.2	<u>Пожежна безпека</u>	68
10.2.1	<u>Аналіз небезпеки об'єкта</u>	69
11	<u>ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ</u>	73
11.1	<u>Схема організації відділення підготовки води для ін'єкцій</u>	73
11.2	<u>Класифікація виробничих процесів</u>	74
11.3	<u>Визначення оптимального виду руху предметів праці</u>	74

<u>11.4</u>	<u>Середньорічні показники роботи підприємства</u>	76
<u>11.4.1</u>	<u>Графік планово-попереджувальних ремонтів</u>	76
<u>11.5</u>	<u>Чисельність персоналу</u>	77
<u>11.6</u>	<u>Контроль виробництва</u>	78
<u>11.7</u>	<u>Матеріальна, документальна та організаційна підготовка</u> <u>виробництва</u>	79
<u>11.7.1</u>	<u>Розрахунок основних та оборотних фондів</u>	79
<u>11.7.2</u>	<u>Техніко-економічні показники</u>	84
<u>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</u>		88

ВСТУП

Вода – походження всього життя, обов'язковий і природний незамінний продукт для людей, тварин і рослин. Вода володіє найбільш високою розчинністю серед всіх відомих речовин. Процес очищення води може зменшити концентрацію мікрочастинок, в тому числі зважених часток, паразитів, бактерії, водоростей, вірусів, грибів.

У фармацевтичній промисловості вода виступає складовою частиною як самого продукту, так і промивних систем. В цілому, якість води повинна відповідати дуже високим вимогам. Якість води одержуваної з водопроводу незадовільна, оскільки вода містить як органічні, так і неорганічні речовини, мікроорганізми, які забруднюють і навіть руйнують продукцію та технологічне обладнання. Великою проблемою на сьогоднішній день залишається невідповідності в нормативних вимогах до води, використовуваної в фармацевтичному виробництві.

На відміну від Американської та Російської фармакопей, де класифікуються лише два основних види води – вода очищена і вода для ін'єкцій, в Європейській фармакопеї, вимоги якої відповідають українській фармакопеї, виділяють ще й воду високоочищену.

Вода високоочищена має такі ж критерії якості, як і вода для ін'єкцій, відмінність тільки в методах, які допущені для приготування води високоочищеної і води для ін'єкцій. Вода високоочищена готується мембранними методами і може застосовуватися, в основному, для миття контейнерів і поверхонь, що стикаються з парентеральними продуктами за умови подальшої депірогенізації цих контейнерів і поверхонь. До складу парентеральних продуктів може входити тільки вода для ін'єкцій, отримана методом дистиляції.

Вода для ін'єкцій – вода, що призначена для виготовлення лікарських форм і водорозчинних препаратів, а також для очних крапель, розчинів для промивання ран.

Метою проекту є розробка комбінованої технологічної схеми підготовки води для ін'єкцій з урахуванням технологічної та економічної доцільності, екологічності та охорони праці, яка дозволить отримувати воду, що відповідає вимогам Державної Фармакопеї.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Історично склалося так, що дистиляція завжди була найбільш ефективним методом отримання води для ін'єкцій в біофармацевтичній промисловості, і на сьогоднішній день більшу частину води для ін'єкцій виробляють саме за допомогою методу дистиляції. Перевага дистиляції серед інших способів отримання води для ін'єкцій в значній мірі обумовлено вимогами, представленими в документах регуляторних органів. Крім того, дистиляція визнана достатньо ефективним методом очищення, що дозволяє задовольнити всі вимоги до якості води.

До 1955 року єдиним способом отримання води для фармацевтичних цілей був метод дистиляції. Враховуючи те, що метод дистиляції дуже енергоємний, стали розроблятися сучасні, більш економічно вигідні методи.

Таблиця 1.1 – Припустимі методи приготування води для фармацевтичного використання [1]

Країна	Вода очищена	Вода високоочищена	Вода для ін'єкцій
Росія ФС 42 26-19-97 ФС 42 26-20 -97	Зворотній осмос, дистиляція, іонний обмін		Зворотній осмос, дистиляція, іонний обмін
Євросоюз, Україна Державна Фармакопея України (ДФА)	Зворотній осмос, ультрафільтрація, електродеіонізація	Зворотній осмос, ультрафільтрація, електродеіонізація	Дистиляція
США	Зворотній осмос, ультрафільтрація, електродеіонізація		Дистиляція, зворотній осмос

Єдиним методом отримання води для ін'єкцій, схваленим Європейською Фармакопеею, є дистиляція.

Food and Drug Administration (FDA) — Управління з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів (США) допускає застосування мембранних методів для отримання води для ін'єкцій. В американській фармакопеї є лише два види води – вода очищена і вода для ін'єкцій (ВДІ). При цьому для миття контейнерів і поверхонь, дотичних з парентеральними продуктами, повинна використовуватись ВДІ. Саме тоді, коли ВДІ використовується для миття – допускається застосування ВДІ, отриманої мембранними методами. Коли мова йде про виготовлення парентеральних препаратів – FDA завжди рекомендує використовувати дистиляцію, як самий надійний метод отримання ВДІ.

Перевагою мембранних методів, що все більше впроваджуються у виробництво, є значна економія енергії. Витрата її при отриманні води очищеної складає (кВт·год/м): дистиляцією – 63,6; електролізом – 35,8; зворотнім осмосом – 3,7. Мембрани установок зворотного осмосу, утримуючи пірогени, дозволяють приготувати апірогенну воду. Для знищення пірогенів тепловим методом потрібен нагрів до 170 °С, що досягається в сухожарових стерилізаторах. Дистиляція ж проводиться при менших температурах. Тому часто для затримання пірогенів безпосередньо перед дистиляторами встановлюють модулі зворотного осмосу. Вони ж служать додатковим захистом дистиляторів від солей твердості.

Проте, зворотний осмос – це, як правило, «холодний» процес, чутливий до температури (мембрани мають високу чутливість до нагрівання). У плані захисту від мікробіологічного забруднення «холодний» процес завжди поступається «гарячому». Є труднощі з валідацією установок зворотного осмосу. Дуже складно довести безперервну цілісність зворотноосмотичної мембрани. Також недоліком даних методів є небезпека концентраційної

поляризації мембран і пор, що може викликати проходження небажаних йонів або молекул у фільтрат [2].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБЛЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ, ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ ТА НАПІВПРОДУКТІВ, МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

Вода для ін'єкцій – вода, яка використовується як розчинник при приготуванні лікувальних препаратів для парентерального застосування (вода для ін'єкцій in bulk) або для розчинення чи розведення діючих речовин безпосередньо перед парентеральним застосуванням (вода для ін'єкцій стерильна). За органолептичними показниками вона являє собою прозору, безбарвну рідину без смаку та запаху. Згідно з ДФУ ВДІ повинна відповідати вимогам, що висуваються до води дистильованої, й бути апірогенною. ВДІ одержують із води питної або води очищеної шляхом дистиляції згідно з валідованими методиками та процедурами при регулярному контролі її питомої електропровідності та мікробіологічної чистоти в процесі виробництва.

Оскільки воду для фармацевтичних цілей отримують з води питної, джерелом якої є природна вода, важливо звільнити її від присутніх домішок.

Вихідна вода може містити різні домішки:

- механічні частинки (нерозчинні неорганічні або органічні домішки);
- розчинені речовини (неорганічні солі, йони кальцію, магнію, натрію, хлору, йони сульфатної, карбонатної кислот та ін.);
- розчинені хімічно неактивні гази (кисень, азот);
- розчинені хімічно активні гази (оксид карбону (IV), аміак);
- мікроорганізми (в т.ч. видимі, цвіль, водорості, цисти та ін.);
- бактеріальні ендотоксини;

- органічні речовини (природні органічні речовини – гумінових кислот та ін. і забруднюючі органічні речовини – промислові скиди, добрива, пестициди та ін.);
- колоїди (заліза, кремнію, алюмінію, що утворюють комплексні сполуки з органічними речовинами, так звані органокомплекси);
- залишкові дезинфікуючі речовини.

Вихідна вода повинна відповідати вимогам на питну воду, що регламентуються Державними Санітарними Правилами і Нормами "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

Таблиця 2.1 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води [3]

№	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної водопровідної води
1. Органолептичні показники			
1	Запах	бали	2
2	Забарвленість	градуси	20
3	Каламутність	нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	1,0
4	Смак та присмак	бали	2
2. Фізико-хімічні показники			
а) неорганічні компоненти			
5	Водневий показник	одиниці рН	6,5-8,5
6	Залізо загальне	мг/дм ³	0,2
7	Загальна твердість	ммоль/дм ³	7,0

8	Марганець	мг/дм ³	0,05
9	Хлориди	мг/дм ³	250
б) органічні компоненти			
10	Хлор залишковий зв'язаний	мг/дм ³	1,2
3. Санітарно-токсикологічні показники			
11	Алюміній	мг/дм ³	0,20
12	Нітрати	мг/дм ³	50

Великою проблемою на сьогоднішній день залишається відсутність єдиної думки щодо нормативних вимог до води, що використовується в фармацевтичній промисловості. В більш ніж 130 країнах діє Американська фармакопея (USP). Європейська фармакопея має кілька принципових відмінностей від USP. Існує ряд інших стандартів, наприклад, Фармакопеї Японії, Індії, Китаю і ін.. В Росії діють Фармакопейні статті ФС 42 2619-97 «Вода очищена» і ФС 42 2620-97 «Вода для ін'єкцій», котрі мають ряд загальноприйнятих недоліків, тому більшість фармвиробників, які орієнтуються на вимоги GMP, контролюють воду також на відповідність Європейської Фармакопеї. В Україні за основу взяті саме європейські критерії.

Таблиця 2.2– Вимоги фармакопейних стандартів [4]

Показники	Вода для ін'єкцій		
	United States Pharmacopeia	European Pharmacopeia	ГФ Росії ФС 42 2620-97
Електропровідність	< 1,3 мкСм/см при 25°C	< 1,1 мкСм/см при 20°C	-
Важкі метали	-	0,1 мг/дм ³	0,5 мг/дм ³
Нітрати	-	0,2 мг/дм ³	0,2 мг/ дм ³
Загальний органічний	< 0,5 мг/дм ³	< 0,5 мг/дм ³	< 0,5 мг/ дм ³

вуглець			
Концентрація мікроорганізмів	< 0,1 КУО/см ³	< 0,1 КУО/см ³	100 КУО/см ³
Ендотоксини, пірогенність	< 0,25 МО/см ³	< 0,25 МО/см ³	не пірогенна
Сухий залишок	-	-	0,001 %

Матеріалами даного виробництва являються наповнювачі фільтрів, а саме: активоване вугілля (імпрегноване сріблом), Greensand Plus (глауконіт) і катіонообмінна смола Dowex HCR S/S. Властивості матеріалів наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Властивості допоміжних матеріалів виробництва

Найменування	Властивості	Показники
Greensand Plus [5]	Розмір частинок, мм	0,25-1,2
	Густина, кг/дм ³	2,3-3,0
	pH	6,2-8,8
Активоване вугілля [6]	Розмір гранул, мм	0,6-2,36
	Площа поверхні, м ² /г	950
Катіонообмінна смола Dowex HCR S/S [7]	Робоча обмінна ємність, г-екв/дм ³	1,2
	Густина, г/см ³	0,8-0,9
	Розмір частинок, мм	0,3-1,2

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

Для отримання води для ін'єкцій питна вода проходить наступні стадії: груба фільтрація, фільтрація через фільтр знезалізнення, пом'якшення, зворотний осмос, ультрафіолетове опромінення, дистиляція. Розглянемо дані стадії більш детально [8].

1. Груба фільтрація

Груба фільтрація дозволяє видаляти з води частинки розміром більше 50-100 мкм. В якості фільтра грубої механічної очистки використовуються стандартні самопромивні сітчасті фільтри, в якості фільтруючого матеріалу використовують сітку з нержавіючої сталі.

Вихідна вода проходячи через сітку фільтра залишає механічні забруднення на ній і надходить далі. Після того як сітчастий фільтр забрудниться необхідно відкрити дренажний кран на 15-30 с і вихідна вода змиє з сітки всі забруднення.

2. Фільтрація через фільтр знезалізнення

Призначена для видалення з води заліза, марганцю і сірководню. В якості фільтруючого середовища використовується марганцевозелений пісок Greensand Plus, який служить каталізатором окиснення розчинених у воді двовалентних заліза і марганцю розчиненим киснем, в результаті чого вони переходять в нерозчинну форму і випадають в осад у вигляді пластівців. Пластівці затримуються в шарі фільтруючого середовища і надалі вимиваються в дренаж під час проведення періодичних зворотних промивок.

3. Фільтрація через вугільний фільтр

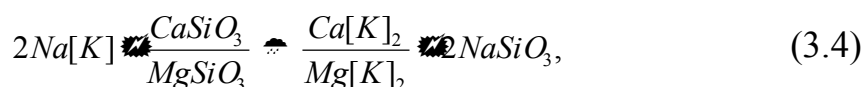
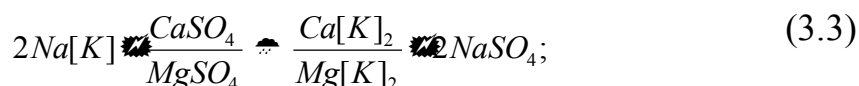
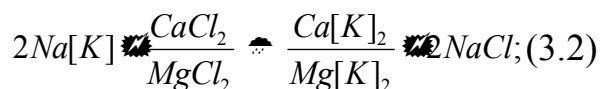
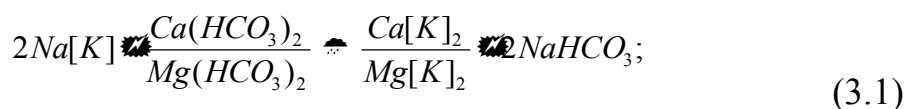
Для оберігання зворотньоосмотичних мембран від деградації при наявності у водопровідній воді активного хлору передбачено його видалення на фільтрі з активованим вугіллям.

Крім того відбувається зниження кольоровості води та зменшення вмісту низькомолекулярних органічних речовин. Використовуються стандартні патронні фільтри з активованим вугіллям. При проходженні води через шар вугілля зверху вниз відбувається видалення забруднень, які вимиваються в дренаж при зворотному промиванні водою.

4. Пом'якшення

Пом'якшення дозволяє знизити жорсткість води за рахунок видалення іонів кальцію і магнію. Пом'якшення дозволяє значно знизити вміст іонів перед подачею води для очистки на мембрани зворотного осмосу. В якості фільтруючого матеріалу використовується катіонообмінна смола.

Процес Na-катіонування описується наступними реакціями обміну:



де К – нерозчинна матриця іонообмінної смоли.

Як устаткування на цій стадії можуть служити автоматичні пом'якшувачі, що працюють на принципі заміни іонів кальцію і магнію іонами натрію. Пом'якшувачі періодично регенеруються розчином хлориду натрію.

5. Зворотний осмос

Для забезпечення високої якості знесолення застосована система двоступінчатого зворотного осмосу, яка служить для повного видалення з води іонів розчинених солей, колоїдних домішок і механічних частинок.

Видалення домішок відбувається за рахунок пропускання води через напівпроникну мембрану при тиску, що перевищує осмотичний. Для збільшення ефективності процесу використовується тангенціальна подача води до поверхні мембрани при рециркуляції.

Устаткування являє собою системи мембран. Мембрани мають розміри пор 0,0005-0,001 мкм. Контроль систем зворотного осмосу здійснюється вимірюванням питомої електричної провідності води на виході з системи.

6. Ультрафіолетове опромінення

Блок ультрафіолетового опромінення призначений для підтримки мікробіологічної чистоти. Блок вибирається з такою потужністю випромінювання, при якій вода отримає опромінення не менше 16-24 мДж/см² (з урахуванням ступеня поглинання ультрафіолету водою).

Принцип дії УФ-стерилізаторів такий: вода під тиском, створюваним насосом, проходить через стерилізатор, де відбувається процес знезараження.

Пристрій. Усередині корпусу бактерицидних ламп розташовуються дві труби – внутрішня з кварцового скла, і зовнішня з полівінілхлориду, герметично з'єднані гумою і спеціальними герметиками між собою. Сама бактерицидна лампа розташовується усередині колби з кварцового скла. Її промені безперешкодно проникають через кварцове скло і знищують все живе у воді, що проходить між внутрішньою і зовнішньою колбою.

7. Дистиляція

Дистиляція є традиційним, ефективним і надійним методом, що забезпечує високий ступінь очищення, можливість отримання гарячої води, пари та холодної води для ін'єкцій, що важливо при виробництві лікарських засобів відповідно до правил GMP.

До переваг дистиляції, безсумнівно, можна віднести високий ступінь очищення, можливість отримання гарячої води, пари та води для ін'єкцій. До недоліків методу відносять його досить високу вартість і значне споживання енергії.

Загальний принцип отримання води цим методом полягає в наступному: питна вода, що пройшла попередню підготовку, надходить в дистиллятор, що складається з трьох основних вузлів: випарника, конденсатора і збірника. Випарник з водою нагрівають до кипіння. Пари води надходять в конденсатор, де вони конденсуються і у вигляді дистилату надходять до збірника. Всі нелеткі домішки, що знаходилися у вихідній воді, залишаються в дистилаторі.

Для одержання води очищеної використовують дистилатори, які відрізняються один від одного за способом нагріву, продуктивності і конструктивним особливостям. Існує три типи дистилаторів.

- 1) одноколонна;
- 2) термокомпресійна;
- 3) багатоколонна.

Одноколонна дистиляція застосовується давно і широко. Її істотним недоліком є високе енергоспоживання, незважаючи на просту конструкцію і невисоку ціну установок дистиляції. Так, на нагрівання води від 15 °С до 100 °С потрібно 85 ккал/кг або 356 кДж/кг. На перетворення води на пару при 100 °С потрібно 539 ккал/кг або 2258 кДж/кг. Таким чином, на випаровування води потрібно в шість разів більше енергії, ніж на її нагрівання до 100 °С. Отже, метод одноразової дистиляції є неекономічним і використовується тільки за малої потреби води для ін'єкцій (10-20 дм³/год).

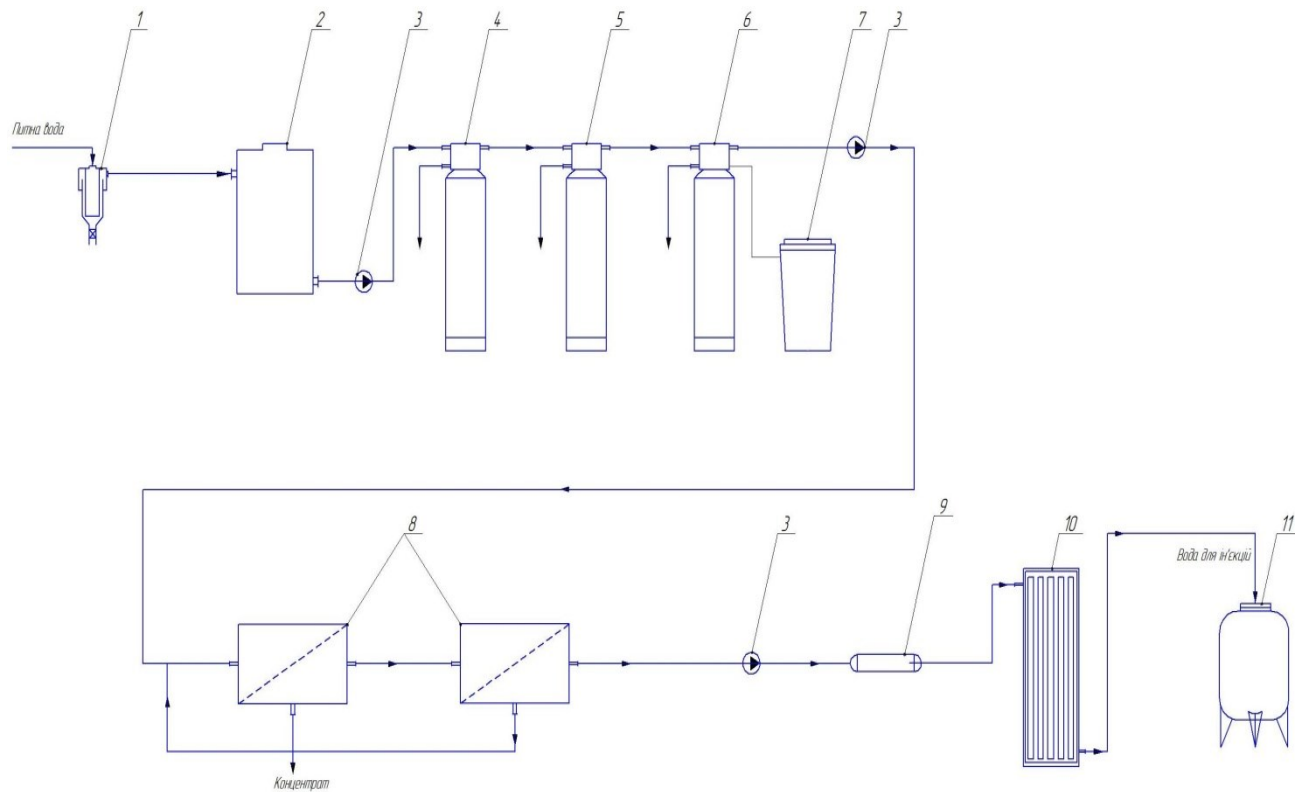
Суть термокомпресійної дистиляції полягає в наступному: примусове стиснення пари компресором призводить до зростання тиску пари і його температури. Підвищена теплоємність (ентальпія) пари використовується для нагріву і перетворення вихідної води в пару. Недоліками цього методу є можливість попадання в чисту воду сторонніх часток, високий рівень шуму і необхідність у постійному технічному обслуговуванні. Тому даний метод практично не використовується при одержанні води для фармацевтичних цілей.

Найкращим поєднанням економіко-технологічних показників володіє багатоколонна дистиляція, при якій енергія нагрітої води використовується найбільш повно і ефективно. В основі роботи дистилятора лежить принцип багаторазового випарювання і конденсації попередньо підготовленої води. Пар, отриманий в першій колоні, конденсується в дистилят, даючи йому трохи підігріти працюючи при більш низькій температурі і тиску другу колону. Пар другої колони, в свою чергу, підігріває третю колону, яка функціонує при атмосферному тиску. Таких колон може бути декілька. Тільки в останній колоні отриманий пар вимагає для охолодження в дистилят типового охолоджувача з холодною водою. Таким чином, енергію використовують на підігрів тільки першої колони дистилятора, а охолоджуючу воду – тільки в останній колоні для охолодження пари. Збільшуючи число колон, можна зменшити витрату як пари, так і води, оскільки в кожній колоні зменшується кількість води, що випаровується, і пари в охолоджувачі.

Незважаючи на високі вартість багатоколонних дистиляторів та витрати на передпідготовку води для них, саме застосування останніх доцільне згідно вимог GMP для отримання води для ін'єкцій.

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

В даному дипломному проекті реалізовано схему виробництва води для ін'єкцій методом дистиляції. Схему зображено на рисунку 4.1.



1 – механічний фільтр; 2 – проміжний бак; 3 – насоси; 4 – фільтр знезалізнення; 5 – вугільний фільтр; 6 – Na-катіонітовий фільтр; 7 – бак для регенераційного розчину; 8 – зворотньоосмотична установка; 9 – УФ-стерилізатор; 10 – дистилятор; 11 – бак для зберігання води

Рисунок 4.1 – Технологічна схема виробництва води для ін'єкцій.

Питна вода подається на фільтр грубої механічної очистки 1, де очищається від механічних домішок та накопичується у проміжному баці 2. Далі за допомогою насосу 3 вода подається на автоматичний фільтр знезалізнення води 4, де відбувається вилучення феруму і мангану з води. Після цього, з метою захисту зворотньоосмотичних мембран від руйнування, вода потрапляє на фільтр з активованим вугіллям 5, де відбувається вилучення активного хлору і низькомолекулярних органічних сполук.

Для забезпечення тривалої роботи мембран з води видаляються солі твердості, що здатні сформувати нерозчинні осади на їх поверхні. Пом'якшення води відбувається за рахунок заміни катіонів солей твердості – кальцію (Ca^{+2}) і магнію (Mg^{2+}) на катіони натрію (Na^{+}) в Na-катіонітовому фільтрі 6. Підготовлена таким чином вода далі надходить зворотньоосмотичну установку 8, яка забезпечує самий тонкий рівень фільтрації.

Після цього знесолена вода насосом подається на ультрафіолетовий стерилізатор 9, що призначений для підтримки мікробіологічної чистоти очищеної води. Далі вода надходить в багатоколонний дистилятор дистилятор 10, де вода остаточно очищується до рівня надійності, що відповідає вимогам води до ін'єкцій. Отримана таким чином вода для ін'єкцій надходить до баку для зберігання 11.

Проблема зберігання і розподілення води для ін'єкцій розглянута Д. Дісмором (фірма Steris) в журналі «Технологія чистоти» №2/2001.

При створенні системи збереження і розподілення води для ін'єкцій необхідно дотримуватись наступних вимог:

- ☐ ємність резервуару повинна бути такою, щоб виконувались вимоги користувача по максимальному одноразовому споживанню води;
- ☐ мінімальна продуктивність установки повинна враховувати будь-які вимоги користувача в майбутньому;
- ☐ якість води при її доставці до точки використання.

Типова схема розподілення води для ін'єкцій показана на рисунку 4.2.

Параметри води, що контролюються:

- температура;
- тиск;
- провідність;
- витрата;
- загальний органічний вуглець.

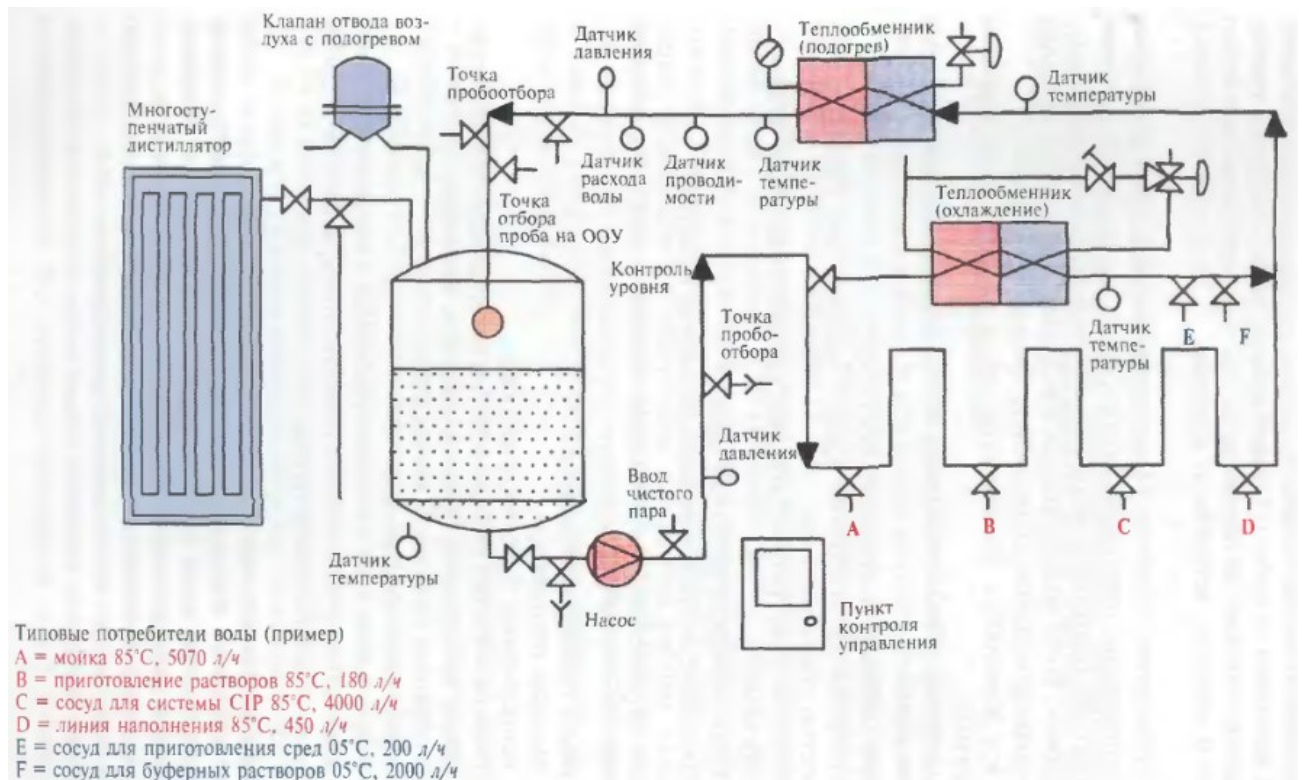


Рисунок 4.2 – Типова схема розподілення води для ін'єкцій

Резервуар для зберігання води для ін'єкцій проектується як ємність під тиском. Ця вимога повинна поєднуватись з можливістю забезпечення повного вакууму (при забиванні вентиляційного фільтра або у випадку, коли вентиляційний клапан закритий).

Резервуар також повинен бути розрахований на тиск 3 бари, щоб систему можна було обробляти парою при 134 °C. Обробка поверхонь резервуару повинна відповідати вимогам висунутих до трубопроводів. Можуть використовуватись як вертикальні, так і горизонтальні резервуари, які мають свої переваги і недоліки.

Ключове значення для роботи системи розподілення води має те, як виконаний її проект. По своїй суті система являється повністю зварювальною і зазвичай, вбудованою в споруду.

В інструкції, виданій Міжнародною спільнотою інженерів фармацевтичної промисловості (ISPE), сказано, що оптимізація системи підготовки води являється результатом наступного:

- 1) час, коли вода знаходиться в умовах, що сприяють росту мікроорганізмів, повинен бути зведений до мінімуму;
- 2) всі зміни температури води повинні бути зведені до мінімуму;
- 3) під час обробки повинен забезпечуватись контакт зі всіма поверхнями.

Росту мікроорганізмів сприяють:

- ☐ нерухомий стан води і наявність зон з низькою швидкістю руху води;
- ☐ значення температури, які сприяють росту мікроорганізмів;
- ☐ низька якість вихідної води;
- ☐ попадання невідфільтрованого повітря в систему.

В той же час, є деякі основні правила, які дозволяють запобігти цьому.

До таких правил відносяться:

- ☐ висока температура;
- ☐ неперервний турбулентний потік;
- ☐ гладкі і чисті поверхні, на яких можливість осадження поживних речовин зведена до мінімуму;
- ☐ герметичність;
- ☐ підтримання позитивного тиску в системі;
- ☐ можливість забезпечення повного стоку, особливо в системах, що обробляються паром.

Дослідження показали, що існує залежність між швидкістю потоку води і утворенням біоплівки. При ламінарному потоці в безпосередній близькості від стінки труби вода тече дуже повільно. Тому, необхідно досягти турбулентного потоку води.

Загальним правилом являється забезпечення зворотної швидкості води, рівної 1 м/с (< 1 м/с допустимо, на короткий період часу в системах, де немає сприятливих умов для росту мікроорганізмів).

Гарячі системи (> 65 °C) являються самоочисними.

Зазвичай вимагається, щоб середнє значення нерівностей внутрішньої поверхні було не більше 0,6 мкм.

Найбільша кількість води для ін'єкцій іде на мийку (флакони і ін.) і в систему CIP (Clean-in-Place – очищення на місці). Витрата води кожним із споживачів протягом доби нерівномірна. Тому початковою точкою при проектуванні системи розподілення води являється побудова діаграми витрати кожним зі споживачів. Далі підбирається дистилятор і резервуар так, щоб зменшити, по можливості, продуктивність дистилятора і ємність резервуара, забезпечуючи при цьому максимальну потребу.

Системи підготовки води являються критичною ланкою в технологічних процесах приготування лікувальних засобів, а також в інших областях застосування. В зв'язку з цим, вони підлягають атестації (валідації) на всіх етапах проектування, монтажу, запуску і експлуатації.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГОНОСІЇВ

5.1 Розрахунок матеріального балансу дистилятора

Продуктивність установки по воді, що випарюється визначається з рівняння матеріального балансу:

$$W = G_n (1 - x_n / x_k), \quad (5.1)$$

де $G_{поч}$, $G_{кін}$ – масові витрати початкового (вихідного) розчину і кінцевого (упареного) розчину, кг/с;

$X_{поч}$, $X_{кін}$ – масові частки розчиненої речовини в початковому і кінцевому розчині;

W – масова витрата випарюваної води, кг/с.

Підставивши, отримаємо:

$$W = 7 \cdot (1 - \frac{40}{250}) = 5,9 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс дистиляції

Потік	Позначення	Числове значення, м ³ /год	Вміст солі, ppm
Вихідний розчин	$G_{поч}$	7,0	40
Упарений розчин	$G_{кін}$	1,1	250
Вторинна пара	W	5,9	-

5.2 Розрахунок матеріального балансу установки зворотного осмосу

Вихідні дані для розрахунку:

Продуктивність по очищеній воді L_K , м³/год – 23.

Загальний солевміст вхідної води x_0 , мг/дм³ – 400.

Вихід перміату α , % – 75.

Селективність мембран φ , % – 99,3.

Вимоги до якості вихідної води після другого ступеня зворотного осмосу: електропровідність $4,3 \text{ мкСм} \cdot \text{см}^{-1}$ ($x_K = 1,96 \text{ мг/дм}^3$).

Схематичне зображення двоступінчатого зворотного осмосу (ЗО) наведено на рисунку 5.1.

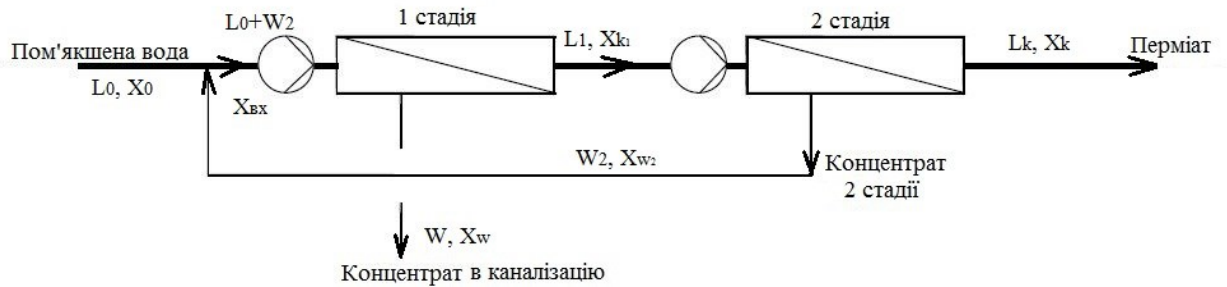


Рисунок 5.1 – Схематичне зображення двоступінчатого зворотного осмосу з рециклом.

У цій схемі перміат, отриманий з другого по ходу рідини апарату, повертається в перший апарат і, таким чином, забезпечується підвищена ступінь очистки. Використовуючи позначення потоків і концентрацій, прийняті на рисунку 5.1, рівняння матеріального балансу, отримаємо рівності [9]:

$$L_K + W = L_0, \quad (5.2)$$

$$L_K \cdot x_k + W \cdot x_w = L_0 \cdot x_0, \quad (5.3)$$

$$L_K + W_2 = L_1, \quad (5.4)$$

$$L_K \cdot x_K + W_2 \cdot x_{w_2} = L_1 \cdot x_{K_1}, \quad (5.5)$$

$$L_0 \cdot x_0 + W_2 \cdot x_{w_2} = (L_0 + W_2) \cdot x_{ex}, \quad (5.6)$$

$$\frac{L_K}{L_1} = (x_K/x_{K_1})^{\frac{1}{a-1}}, \quad (5.7)$$

$$\frac{L_1}{L_0 + W_2} = (x_{K_1}/x_{ex})^{\frac{1}{a-1}}, \quad (5.8)$$

де a знаходиться з виразу:

$$\varphi = 1 - a = const,$$

$$a = 1 - 0,993 = 0,007. \quad (5.9)$$

Проводимо розрахунки за формулами (5.2)-(5.9) в середовищі MSExcel, отримуємо результати, що наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунків

Параметр	Позначення на схемі	Розмірність	Числове значення
Витрата живильної води	L_0	м ³ /доба	797,3
Витрата води, яка входить на 1 стадію ЗО	$L_0 + W_2$	м ³ /доба	993,6
Солевміст води, яка входить на 1 стадію ЗО	$x_{вх}$	мг/дм ³	322
Витрата концентрату після 1 стадії ЗО	W	м ³ /доба	245,3
Солевміст концентрату після 1 стадії ЗО	x_w	мг/дм ³	1295,7
Витрата води після 1 стадії ЗО	L_1	м ³ /доба	736
Солевміст перміату після 1 стадії ЗО	x_{K_1}	мг/дм ³	1,47
Витрата концентрату після 2 стадії і ЗО	W_2	м ³ /доба	196,3
Солевміст концентрату після 2 стадії ЗО	x_{w_2}	мг/дм ³	5,3

За даними розрахунків складаємо матеріальний баланс процесу очищення води на двоступеневій установці зворотного осмосу (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Матеріальний баланс по солевмісту

Прихід			Витрата		
Назва	м ³ /доба	т/добу	Назва	м ³ /доба	т/добу
Живильна вода	797,3	0,641	Перміат	552	0,444
			Концентрат	245,3	0,197

			після 1 стадії ЗО		
Всього:	797,3	0,641	Всього:	797,3	0,641

5.3 Розрахунок енергетичного (теплого) балансу виробництва

Рівняння теплового балансу дистилятора:

$$Q_{\text{вип}} = G_{\text{поч}} \cdot c_{\text{поч}} \cdot (t_{\text{поч}} - t_{\text{кін}}) + G_{\text{кін}} \cdot c_{\text{кін}} \cdot (t_{\text{кін}} - t_{\text{вх}}) + Q_{\text{вт}}, \quad (5.10)$$

де Q – витрата теплоти на випарювання, Вт;

$c_{\text{поч}}, c_{\text{кін}}$ – питома теплоємність початкового і кінцевого розчину відповідно, Дж/(кг · К);

$t_{\text{поч}}, t_{\text{кін}}$ – температура початкового розчину на вході в апарат і кінцевого на виході з апарату, °С;

$i_{\text{вт}}$ – питома ентальпія вторинної пари на виході з апарату, Дж/кг;

$Q_{\text{вт}}$ – витрата теплоти на компенсацію втрат у навколишнє середовище, Вт.

Питома теплоємність визначається за формулою:

$$c = 4190 - 0,001 \cdot (t - 273), \quad (5.11)$$

де 4190 – питома теплоємність води, Дж/(кг · К).

$$c_{\text{поч}} = 4190 - 0,001 \cdot (14 - 273) = 4189,8 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}.$$

$$c_{\text{кін}} = 4190 - 0,001 \cdot (25 - 273) = 4188,95 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}.$$

$$G_{\text{кін}} = G_{\text{поч}} \cdot W = 7 \cdot 0,091 = 0,637 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Витрату теплоти на випарювання отримуємо з рівняння, Дж/(кг·К):

$$Q = G_{\text{поч}} \cdot c_{\text{поч}} \cdot (t_{\text{поч}} - t_{\text{кін}}) + G_{\text{кін}} \cdot c_{\text{кін}} \cdot (t_{\text{кін}} - t_{\text{вх}}) + Q_{\text{вт}}, \quad (5.12)$$

$$Q_{\text{вт}} = 0,03 \cdot G_{\text{поч}} \cdot c_{\text{поч}} \cdot (t_{\text{поч}} - t_{\text{кін}}) + G_{\text{кін}} \cdot c_{\text{кін}} \cdot (t_{\text{кін}} - t_{\text{вх}}). \quad (5.13)$$

$$Q_{\text{вт}} = 0,03 \cdot 7 \cdot 4189,8 \cdot (14 - 25) + 0,637 \cdot 4188,95 \cdot (25 - 14) = 604074,414 \text{ Вт}.$$

$$Q = 7 \cdot 4189,8 \cdot (14 - 25) + 0,637 \cdot 4188,95 \cdot (25 - 14) + 604074,414 = 8037336,75 \text{ Вт}.$$

5.4 Розрахунок витратних коефіцієнтів

5.4.1 Витратний коефіцієнт води питної

На 1 м³ води очищеної витрачається води питної:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{вод.питн1}} &= \frac{L_0}{L_k}, \\ \mathcal{E}_{\text{вод.питн1}} &= \frac{797,3}{552} = 1,444 \text{ м}^3 / \text{м}^3. \end{aligned} \quad (5.14)$$

Витратний коефіцієнт води питної для розведення концентрату після першої стадії ЗО до норм, за яких дозволяється його скидання в каналізацію:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{вод.питн2}} &= \frac{x_w \cdot W \cdot x_{\text{норм}} \cdot W}{x_{\text{норм}} \cdot x_0} \cdot \frac{1}{L_k}, \\ \mathcal{E}_{\text{вод.питн2}} &= \frac{1245,7 \cdot 245,3 \cdot 1000 \cdot 245,3}{1000 \cdot 400} \cdot \frac{1}{552} = 0,182 \text{ м}^3 / \text{м}^3. \end{aligned} \quad (5.15)$$

5.4.2 Витратний коефіцієнт солі на регенерацію катіоніту

Для регенерації катіоніту використовують сіль хлорид натрію, в кількості 50÷75 кг на одну регенерацію. За один день проводять дві регенерації, тоді витрата солі складає:

$$\mathcal{E}_{\text{солі}} = \frac{n_{(\text{рег.})}}{L_k} = \frac{2 \cdot 65}{552} = 0,24 \text{ кг солі} / \text{м}^3.$$

Витрата води на розведення солі (до 8%-вого водного розчину):

$$\mathcal{E}_{\text{солі}} = \frac{n_{(\text{рег.})} \cdot \frac{100}{8} \cdot 1)}{L_k \cdot 1000} = \frac{2 \cdot 65 \cdot 1,5}{552 \cdot 1000} = 0,0027 \text{ м}^3 / \text{м}^3.$$

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок основного апарата

Основним апаратом відділу підготовки води для ін'єкцій є багатоколонний дистилятор.

Площа поверхні теплопередачі дистилятора:

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

де Q – кількість теплоти, Вт;

K – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м² · К)

$$F = \frac{8037336,75}{600 \cdot 80} = 167,4 \text{ м}^2.$$

На основі отриманого значення поверхні теплообміну обираємо дистилятор LD5000/8, характеристики якого наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні характеристики дистилятора [10]

Технічні характеристики	Розмірність	Значення
Тиск пари	МПа	0,3-0,55
Продуктивність	м ³ /год	5-8,5
Витрата пари	кг/год	723-1450
Вихідна вода	кг/год	5600-9350
Охолоджена вода	кг/год	400-680
Габарити (Д×Ш×В)	мм	5000×1800×4600
Маса	кг	9000
Потужність	кВт	8

6.2 Розрахунок допоміжного обладнання

6.2.1 Розрахунок мембранної установки

* Розрахунок та вибір апарату для першого ступеня зворотного осмосу.

Продуктивність по перміату першої ступені зворотного осмосу:

$$W_{II} = (W_2 - L_0) \cdot W = 993,6 - 245,3 = 748,3 \text{ м}^3 / \text{добу} = 31,2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Потім знаходимо необхідну робочу площу мембран:

$$F_p = \frac{W_{II}}{G}, \quad (6.2)$$

де G – питома продуктивність мембрани:

$$G = \frac{G_{II}}{S}, \quad (6.3)$$

де G_{II} – продуктивність мембрани, $\text{м}^3/\text{год}$;

S – площа однієї мембрани, м^2 :

$$G = \frac{1,904}{41} = 0,0464 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{год},$$

$$F_p = \frac{35,6}{0,0464} = 766 \text{ м}^2.$$

Кількість мембранних модулів:

$$n_{mod} = \frac{F_p}{S}, \quad (6.4)$$

$$n_{mod} = \frac{766}{41} = 19.$$

За заданою продуктивністю обираємо систему зворотного осмосу для першої ступені Ecosoft MO-32S-MAXI. Ця система використовується на фармацевтичних, харчових, електронних виробництвах, а також в енергетиці.

Тип мембранного елементу Filmtec XLE 440 8" (Dow Chemical, USA).

Базова комплектація установки зворотного осмосу:

- Пре фільтр картриджний тонкої очистки FCH 74 0,5мкм;
- автомат захисту насоса по низькому тиску;
- гідрозаповнені манометри вхідного і робочого тиску;
- вимірювачі потоку на фільтратній лінії;
- система регулювання робочих параметрів та система автоматичного промивання мембран;
- відцентровий насос високого тиску з нержавіючої сталі Lowara;

- зворотно осмотичні мембрани в напірних корпусах, 32 штуки;
- електромагнітний клапан та цифровий вимірювач провідності;
- рама з нержавіючої сталі, робочі трубопроводи з поліпропілену.

Вимоги до якості води, яка подається на першу ступень зворотного осмосу, наведена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Вимоги до води, що обробляється

Параметр	Розмірність	Значення параметру
Температура води	°C	4-30
Залишковий хлор, не більше	мг/дм ³	0,1
Твердість, до	мг-екв/дм ³	3,0
Залізо, до	мг/дм ³	0,1
Манган, до	мг/дм ³	0,05
Силікати, до	мг/дм ³	20,0
Окиснюваність, до	мг O ₂ /дм ³	4,0

Робочі та технічні характеристики системи зворотного осмосу наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Робочі характеристики і технічні дані

Параметр	Розмірність	Значення параметру
Продуктивність при 15°C	м ³ /год	32-36
Електроживлення	В, Гц	380/50
Потужність насосу	кВт	30
Тиск на вході	МПа	0,2-0,4
Споживання води в робочому режимі	м ³ /год	22,0-26,0
Робочий тиск в модулі	МПа	0,7
Габарити установки (Д×Ш×В)	мм	5700×1500×2400

* Розрахунок та вибір апарату для другої ступені зворотного осмосу.

$$W_{2П} \bullet (L_1 \bullet W_2) \bullet 736 \times 196,3 \bullet 539,7 \text{ м}^3 / \text{добу} \bullet 22,5 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Знайшовши питому продуктивність мембрани за формулою 6.3, знаходимо необхідну робочу площу мембран за формулою 6.2:

$$G \bullet \frac{1,904}{41} \bullet 0,0464 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \bullet \text{год},$$

$$F_p \bullet \frac{20}{0,0464} \bullet 431 \text{ м}^2.$$

Кількість мембранних модулів знаходимо за формулою 6.4:

$$n_{mod} \bullet \frac{431}{41} \bullet 11.$$

За заданою продуктивністю обираємо систему зворотного осмосу для другої ступені Ecosoft MO-20 S-MAXI. Ця система використовується на фармацевтичних, харчових, електронних виробництвах, а також в енергетиці.

Вимоги до води, яка подається на другу ступень зворотного осмосу, наведена в таблиці 6.2.Робочі та технічні характеристики системи зворотного осмосу наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Робочі характеристики і технічні дані

Параметр	Розмірність	Значення параметру
Продуктивність при 15°C	м ³ /Год	20-22
Електроживлення	В, Гц	380/50
Потужність насосу	кВт	18,5-22
Тиск на вході	МПа	0,2-0,4
Споживання води в робочому режимі	м ³ /Год	22,0-26,0
Робочий тиск в модулі	МПа	0,7
Габарити установки (Д×Ш×В)	мм	5700×1500×2300

6.2.2 Розрахунок Na-катіонітового фільтра

Вихідні дані для розрахунку

Продуктивність установки L_0 552 м³/добу або 23 м³/год.

Твердість загальна $Ж_0$, мг-екв/дм³ – 7.

Вміст йонів натрію в вихідній воді, мг/ дм³ – 20.

Допустима твердість пом'якшеної води $Ж_n$, мг-екв/дм³ – 0,06.

Карбонатна твердість вихідної води $Ж_k$, мг-екв/дм³ – 2,9.

Приймаємо установку з одним ступенем Na-катіонітових фільтрів, оскільки допустима твердість фільтрату вище мінімально допустимої величини для одної ступені 0,03-0,05 мг-екв/дм³.

Розрахунок одноступінчатої установки ведеться тільки на корисну продуктивність.

Число фільтроциклів на добу:

$$n = T/(t + t_1), \quad (6.5)$$

де T – тривалість роботи установки на добу, год;

t – корисна тривалість одного фільтроциклу, год;

t_1 – тривалість операцій, пов'язаних з регенерацією катіонітового фільтра, год:

$$n = 24/(11,5 + 0,5) = 2.$$

Повна обмінна ємність смоли Dowex $E_{\text{повн}} = 2000$ г-екв/м³ при крупності 0,3-0,8 мм.

Робоча обмінна ємність Na-катіоніту:

$$E_{\text{роб.Na}} = \alpha_e \cdot \beta_{\text{Na}} \cdot E_{\text{повн}} - 0,5 \cdot q_{\text{пит}} \cdot Ж_0, \quad (6.6)$$

де α_e коефіцієнт ефективності регенерації, який враховує неповноту регенерації катіоніта, 0,8;

$q_{\text{пит}}$ – питома витрата води на відмивку катіоніту, м³ води/ м³ катіоніту;

β_{Na} – коефіцієнт, який враховує зниження обмінної ємності по йонам кальцію і магнію внаслідок часткового затримання йонів натрію, 0,86:

$$E_{\text{роб.Na}} = 0,8 \cdot 0,86 \cdot 2000 - 0,5 \cdot 4,6 \cdot 7 = 1359,9 \text{ г-екв/м}^3.$$

Необхідний об'єм катіоніту:

$$W_{\text{kat}} = L_0 \cdot J_0 / (n \cdot E_{\text{роб. Na}}), \quad (6.7)$$

$$W_{\text{kat}} = 552 \cdot 7 / (2 \cdot 1359,9) = 1,42 \text{ м}^3.$$

Висота катіонітового завантаження Dowex $h_k = 1,5 \text{ м}$.

За продуктивністю та необхідним об'ємом завантаження фільтра обираємо Na-катіонітовий фільтр ECOSOFT FU 4872 CG2 з технологічними параметрами, що вказані в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Характеристики фільтру

Технічні характеристики	Значення
Габаритні розміри, м	2,3×2,9×1,6
Продуктивність, м ³ /год	24-25
Витрата солі на регенерацію, кг	141-188
Витрата води на регенерацію (об'єм стоків), м ³	4,6-17
Тривалість регенерації, хв.	45-60
Строк служби фільтруючого матеріалу, років	до 7
Робочий тиск, МПа	0,2-0,6
Потужність, Вт	30
Температура експлуатації, К	303

7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

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 як об'єкта автоматизації

На підставі здійсненого аналізу особливостей технологічного процесу підготовки води для ін'єкцій (опис процесу наведено в розділі 4) слід передбачити автоматичний контроль таких параметрів:

- перепаду тиску в механічному фільтрі 1;
- рівня у баці 2;
- тиску у фільтрі знезалізнення 4;
- тиску у вугільному фільтрі 5;
- тиску у Na-катіонітовому фільтрі 6;
- тиску у зворотноосмотичній установці 8;
- витрати води у трубопроводі 1;
- температури у дистиляторі 10;
- рівня у ємності для зберігання води 11.

Параметри регулювання та контролю виробництва наведено у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва [11]

№	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Механічний фільтр 1	Температура	10...15 кПа	Контроль, регулювання
2	Бак 2	Рівень	3,5...5 м	Контроль, регулювання
3	Фільтр знезалізнення 4	Тиск	10...15 кПа	Контроль, регулювання
4	Вугільний фільтр 5	Тиск	10...15 кПа	Контроль, регулювання
5	На-катіонітовий фільтр 6	Тиск	10...15 кПа	Контроль, регулювання
6	Зворотноосмотична установка 8	Тиск	10...15 кПа	Контроль, регулювання
7	Трубопровід 1	Витрата	0...120 м ³ /год	Контроль, регулювання
8	Дистилятор 10	Температура	155...165 °С	Контроль, регулювання
9	Бак 11	Рівень	3,5...5 м	Контроль, регулювання

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу

У наведеній схемі розглядається можливий варіант очищення води. Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих людських помилок, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів розроблено схему автоматизації, яка покликана розв'язувати всі ці задачі.

Для контролю та регулювання перепаду тиску в механічному фільтрі 1 розроблено контур 1, що складається з первинного перетворювача (поз. 1-1), пневматичного перетворювача (поз. 1-2).

Для контролю та регулювання тиску в фільтрі знезалізнення 4, вугільному фільтрі 5, іонообмінному фільтрі 6 і зворотноосмотичній установці 8 розроблено контури 3, 4, 5, 6, які складаються з первинного

перетворювача (поз. 3-1, 4-1, 5-1, 6-1), пневмоелектричного перетворювача (поз. 2-5, 3-2, 4-2, 6-2).

Для контролю та регулювання рівня в збірнику 2 і 11, розроблено контури 2, 9, які складаються з рівнеміра буйкового з пневматичним передавальним перетворювачем (поз. 2-1, 9-1), пневматичного показувального і реєструвального приладу (поз. 2-2, 9-2), регулятора пневматичного, пропорційно-інтегрального (поз. 2-3, 9-3), виконавчого механізму (поз. 2-4), перетворювача електропневматичного (поз. 2-6).

Для контролю та регулювання температури в дистиляторі 10 розроблено контур 8, який складається з термоперетворювача температури (поз. 8-1), автоматичного показувального і реєструвального вторинного приладу (поз. 8-2), мікропроцесорного регулятора (поз. 8-3), виконавчого механізму (поз. 8-4).

Для дистанційного керування роботою апаратів призначені такі місцеві прилади: МП1...МП7 – магнітні безконтактні нереверсивні пускачі, SA1...SA7 – кнопки запобіжного вимикання.

Для дистанційного керування роботою електроприводів насосів призначені такі ТЗА: МП8, МП9, МП10 – магнітні безконтактні нереверсивні пускачі, SA8, SA9, SA10 – кнопки запобіжного вимикання, на щиті керування: SB1...SB6 – пост управління кнопковий та сигнальні лампи HL1...HL6.

8 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

В дипломному проекті розробляється схема підготовки води для ін'єкцій. Дана схема запроваджується на підприємстві з метою запобігання екологічного лиха, зменшення штрафів чи їх повного уникнення. В даному розділі були проаналізовані джерела відходів, що утворюються, можливі варіанти екологізації виробництва, екологічний моніторинг та розрахунок екологічних платежів за зберігання твердих відходів.

8.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

Екологічна безпека водних джерел забезпечується підтриманням нормативних показників. В даному дипломному проекті розроблена наступна технологічна схема.

Питна вода подається на фільтр грубої механічної очистки 1, де очищається від механічних домішок. Далі вода поступає в бак 2, де підтримується певний рівень води. За допомогою насосу 3 вода подається на автоматичний фільтр знезалізнення води 4, призначений для видалення з води заліза і марганцю. Для захисту зворотньоосмотичних мембран від руйнування, при наявності у водопровідній воді активного хлору, передбачено його видалення на фільтрі з активованим вугіллям 5. Для забезпечення тривалої роботи мембран з води видаляються солі твердості, що формують нерозчинні осади на їх поверхні. Пом'якшення води відбувається за рахунок заміни катіонів солей твердості – кальцію (Ca^{+2}) і магнію (Mg^{2+}) на катіони натрію (Na^{+}) в Na-катіонітовому фільтрі 6. Підготовлена для знесолення вода надходить зворотньоосмотичну установку 8, яка служить для повного видалення з води йонів розчинених солей, колоїдних домішок і механічних частинок. Насосом знесолена вода подається на ультрафіолетовий стерилізатор 9 призначений для підтримки мікробіологічної чистоти очищеної води. Далі вода надходить в дистилятор 10, де відбувається фазовий перехід, що призводить до остаточного

відокремлення води від домішок, після чого потрапляє в ємність для зберігання води для ін'єкцій 11.

В таблиці 8.1 наведена характеристика сировини та продукції виробництва.

Таблиця 8.1 – Характеристика сировини та продукції виробництва

№	Перелік сировини, напівпродуктів, продуктів виробництва	Властивості	Кількість сировини, напівпродуктів, продуктів
1	Питна вода	Вода, що відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10	-
2	Вода для ін'єкцій	Вода, що відповідає вимогам Європейської Фармакопеї	480 м ³ /добу

Згідно з технологічною схемою місцями утворення відходів є фільтр знезалізнення. Рідкі відходи утворюються при регенерації фільтрів та на стадії зворотного осмосу.

Відділення підготовки води для ін'єкцій забезпечене системою хімічної каналізації для збору та відводу стічних вод до станції нейтралізації. Зкидування стічних вод здійснюється згідно «Умов на скид стічних вод у систему каналізації».

За стоками на підприємстві ведеться постійний контроль згідно узгодженого графіку контролю з органами Державного контролю. Всі контрольовані показники стоків підприємств – у нормативних межах. Після проходження станції нейтралізації оздоровлені стоки скидаються в заводську мережу каналізації з показниками, що відповідають правилам приймання стічних вод в систему міської каналізації.

Фактична концентрація хлоридів в стічних водах заводу при скиді в міську каналізацію разом з хлоридами стічних вод станції нейтралізації не перевищує 80 мг/м³ при нормативних – 240 мг/дм³.

Таблиця 8.2 – Характеристика твердих та рідких відходів

№	Найменування стадії виробництва; склад відходів, викидів, стоків	Кількість відходів, викидів та стоків, м ³	Метод очищення
1	Фільтр знезалізнення, залізовмісний шлам	-	Направляються на переробку
2	Фільтрування, стічна вода	21,4	Направляється на станцію нейтралізації
3	Зворотній осмос, концентрат	245,3	Направляється на станцію нейтралізації

8.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Під екологізацією розуміють процес поступового і послідовного впровадження систем технологічних, управлінських та інших рішень, які дозволяють підвищувати ефективність використання природних ресурсів і умов поряд з покращенням або хоча б збереженням якості природного середовища.

Теоретично і практично досягнення «безвідходних технологій» неможливе.

Утворений після першої стадії зворотного осмосу концентрат скидається. Перміат подається на другу сходинку зворотного осмосу і ще раз піддається очищенню.

Так як концентрат від другого ступеня зворотного осмосу містить менше солі, його можна змішати з поданою водою і тим самим повернути в систему.

На рисунку 8.1 представлені методи очищення стічних вод.

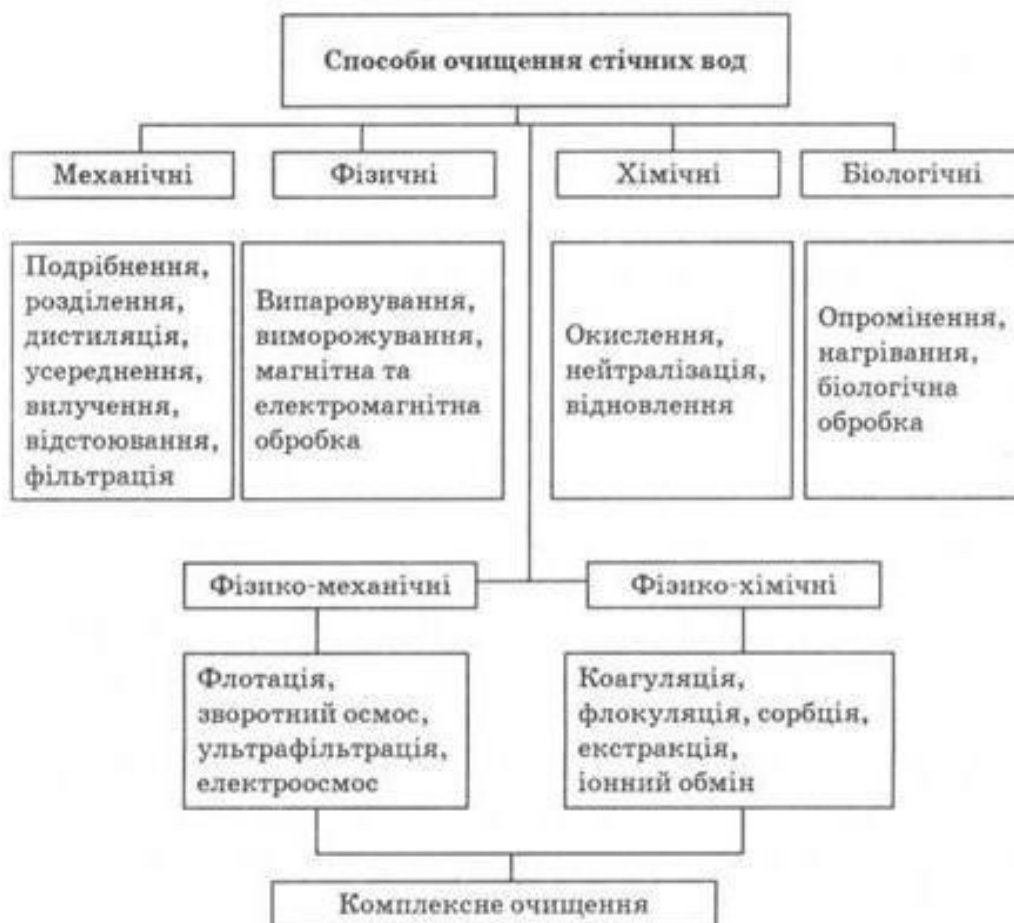


Рисунок 8.1 – Класифікація способів очищення стічних вод.

Шлами знаходять своє застосування у виробництві цементу. Шлам містить цінні компоненти (насамперед залізо), утилізація яких економічно виправдана.

8.3 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.

Основними завданнями екологічного моніторингу є:

- спостереження за джерелом антропогенного впливу;
- спостереження за фактором антропогенного впливу;
- спостереження за станом природного середовища під впливом антропогенних факторів й оцінка прогнозованого стану природного середовища.

Тверді відходи. В шламосховищі відбирається кілька проб шламу, після чого їх перемішують. Отриману усереднену пробу квартують.

Рідкі відходи. Проба відбирається безпосередньо з трубопроводу за допомогою спеціального крана. Перевірка на вміст та концентрацію солей здійснюється за допомогою рідинної хроматографії.

Місця відбору проб та методи аналізу наведені в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Місця відбору проб та методи аналізу

№	Види відходів	Місце відбору	Спосіб відбору	Метод аналізу
1	Рідкі	Трубопровід	За допомогою спеціального крана	Рідинна хроматографія
2	Тверді	Шламосховище	Квартування	-

Стоки перед спрямуванням до каналізації нейтралізуються. На станції нейтралізації проводиться усереднення стоків та осадження, розведення чи нейтралізація стічних вод (за необхідністю).

При відсутності технології переробки шламу чи нестачі відповідних ресурсів для її проведення, відходи направляються у відповідні сховища.

8.4 Розрахунок екологічних платежів за зберігання твердих відходів

Залізовмісний шлами відносяться до 4 класу небезпеки відходів, що являють собою малонебезпечні речовини. Ставка податку на даний клас відходів складає 3,17 грн/т [12].

Податок, який повинен сплатити підприємство за зберігання добової кількості шкідливих викидів, враховуючи те, що звалище розташоване в межах населеного пункту чи на відстані менш як 3 км від таких меж, грн:

$$\Pi = W \cdot L \cdot k = 1 \cdot 3,17 \cdot 3 = 9,51, \quad (8.1)$$

де W – добова кількість шкідливих речовин (розрахунок проводимо на 1 т/добу);

L – ставка податку, грн/т;

k – коефіцієнт до ставок податку, який встановлюється залежно від місця (зони) розміщення відходів у навколишньому природному середовищі.

Податок, який повинен сплатити підприємство за зберігання добової кількості шкідливих викидів, враховуючи те, що звалище розташоване на відстані від 3 км і більше від меж населеного пункту, грн./т:

$$\Pi = W \cdot L \cdot k = 1 \cdot 3,17 \cdot 1 = 3,17. \quad (8.2)$$

Таким чином було розглянуто екологічні проблеми, що виникають під час запровадження схеми підготовки води для ін'єкцій та обрано методи вирішення цих проблем. Було розглянуто технологічну схему та досліджено, що солевміст концентрату становить 1245,7 мг/дм³ при допустимій нормі 1000 мг/дм³. Тому перед скидом в каналізацію концентрат відправляють на станцію нейтралізації, де, за рахунок розведення, значення солевмісту нормується до допустимо можливого.

9 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

9.1 Компонування обладнання виробництва

Компонування устаткування в будівлі виявляє: конфігурацію будинку, його поверховість і розміри в плані, розташування сходових, допоміжних помешкань, монтажних проходів, наявність грузопідйомного устаткування і так далі. Основною задачею компонування є правильна організація технологічного процесу, який проектується [13].

Розміщення обладнання в цеху, та за його межами має відповідати наступним вимогам:

- 1) раціональна організація технологічного процесу та ремонту;
- 2) забезпечення умов безпеки праці;
- 3) нормальні санітарно-гігієнічні умови праці персоналу;
- 4) використання збірних залізобетонних конструкцій;
- 5) мінімальна вартість.

За для визначення типу та об'єму споруди необхідно виконати компонування обладнання. Об'єм споруди залежить від ряду факторів, і в першу чергу від числа одиниць та розмірів технологічного обладнання, та можливості встановлення обладнання на відкритих площах.

Компонування будинків, як правило, прямокутної форми, тому що це дозволяє просто і зручно організувати загальнозаводську територію, приймати прості проектні рішення тощо. Поверховість визначається певними умовами роботи проектного виробництва (вертикальний або горизонтальний технологічний процес). При необхідності можна застосувати укриття у вигляді шатра, цехів без стін – з одним лише дахом.

На відкритих площах переважно розміщують обладнання яке має великі габаритні розміри. Всі інші компоненти цеху розміщуються у закритому приміщенні прямокутної форми, збудованому з залізобетонних конструкцій.

Таблиця 9.1 – Характеристика апаратів

Апарат	Ширина, мм	Висота, мм	Кількість	Орієнтація в просторі
Механічний фільтр	150	200	2	Вертикальна
Насос	500	300	4	Вертикальна
Проміжний бак	1500	2000	2	Горизонтальна
Фільтр знезалізнення	500	1900	2	Вертикальна
Вугільний фільтр	500	1900	2	Вертикальна
Фільтр пом'якшення	500	1900	2	Вертикальна
Регенераційний бак	500	1500	2	Горизонтальна
Зворотньоосмотична установка	5700	2400	2	Горизонтальна
УФ-лампа	1600	250	2	Вертикальна
Дистилятор	6000	4600	2	Горизонтальна
Бак для зберігання води	2000	3035	2	Горизонтальна

Для забезпечення роботи відділення з заданою продуктивністю використовують вищеописаний набір обладнання, який розміщують у цеху двома паралельними рядами (дві лінії). Такий тип розташування забезпечує можливість зупинки однієї з ліній для ремонту без зупинки відділення. Цех має один проліт, величина якого складає 24 м. Крок колон приймається рівним 6 і 12 метрам.

Розташовуючи обладнання в цеху використовують наступні правила, що забезпечують нормальну роботу обладнання, та безпеку робочого персоналу:

- 1) можливість швидкої заміни апаратів з невеликим строком експлуатації, а також змінних деталей;

- 2) проходи, що забезпечують безпеку персоналу мають складати не менш ніж 1 м, на фронті обслуговування машин не менше ніж 1,5 м.
- 3) машини та апарати, що обслуговуються підйомними кранами, необхідно розміщувати в зоні близькій від крюку крану;
- 4) необхідно забезпечити цех засобами механізації завантаження та вивантаження сировини та продуктів;
- 5) необхідно передбачити площі для тимчасового зберігання контейнерів

з сировиною, проміжних продуктів та ін.

Також при розміщенні необхідно запобігати перекривання матеріальних потоків. Кожен апарат має розміщуватись так, щоб його можна було легко встановити, обслуговувати, ремонтувати та демонструвати.

Всі апарати розташовані таким чином, що дозволяють робітникам без перешкод пересуватися між ними, проводити необхідні дії з ними, як то ремонт, заміна деталей, тощо.

Також у відділенні передбачені підсобне приміщення і кімната валідації.

Ширина робочих проходів:

$$l = \alpha \cdot a; \quad (9.1)$$

$$a = (a_1 + a_2) / 2, \quad (9.2)$$

де a_1, a_2 – зони обслуговування сусіднього обладнання (1–2 м);

$\alpha = 1,5$ м.

$$a = (1 + 1) / 2 = 1 \text{ м};$$

$$l = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ м.}$$

Відстань від стінки до апарата:

$$l = a + 0,5; \quad (9.3)$$

$$l = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ м.}$$

9.2 Підйомно-транспортне устаткування

Для переміщення всередині цеху запасних частин, інструментів, монтажу і демонтажу технологічного устаткування проектом передбачають підйомно-транспортне устаткування, що є невід'ємною частиною механізації й автоматизації виробничих процесів, спрямованих на ліквідацію ручних вантажно-розвантажувальних робіт і важкої праці при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій.

За кількістю рухів вантажопідйомні машини поділяють на три групи.

1 група – вантажопідйомні машини з одним рухом, які надають вантажу тільки вертикальне переміщення (підйом); проекція сліду руху вантажу на площину – точка. До них відносять домкрати, лебідки, талі ручні та електричні, підйомники кліткові (ліфти) та скіпові.

2 група – вантажопідйомні машини з двома рухами, які окрім вертикального переміщення (підйому) здійснюють також лінійне переміщення вантажу (проекція сліду руху вантажу на площину – лінія). До цієї групи відносяться домкрат, який рухається горизонтально по полозках, ручні талі з візком без електричного привода (з “кошкою”), талі з електричним приводом (тельфери).

3 група – вантажопідйомні машини з трьома рухами та більше. Вони можуть підіймати вантаж та переміщувати його у будь-яку точку поля, яке обслуговується (проекція сліду руху вантажу на площину – площа). До цієї групи машин відносять крани. Поле, яке обслуговується може мати різний контур в залежності від типу крана, наприклад, прямокутний для мостового та козлового, кільцевий для баштового.

В якості підйомно-транспортного пристрою для демонтажу устаткування, завантаження і розвантаження апаратів передбачено монорейку загального призначення – вантажопідйомність 1 т.

Висоту одноповерхової будівлі при використуванні підвісного крана можна визначити по формулі:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 , \quad (9.4)$$

де h_1 – найбільша висота технологічного устаткування 4600 мм;

h_2 – мінімальна відстань між устаткуванням і піднятим вантажем, як правило 500 мм;

h_3 – висота самого крупногабаритного технологічного вантажу, приймаємо рівним 900 мм;

$$H = 4600 + 500 + 900 = 6000 \text{ мм.}$$

З урахуванням вимог уніфікації і типізації об'ємно-планувальних і конструктивних рішень розраховану висоту приміщення приводимо до найближчої більш крупної величини з уніфікованого ряду висот, тоді для споруди вибираємо одноповерхову будівлю заввишки 6000 мм.

9.3 Конструктивне рішення будівлі і її елементів

Будівництво одноповерхової будівлі викликано й обґрунтовано такими вихідними даними: в одноповерхових будівлях забезпечується зручний зв'язок із зовнішньою територією, немає сходів і підйомників, будівлі володіють прототою будівельної конструкції і можливістю установки важкого устаткування прямо на фундамент, а також можливість використання природноорганізованої вентиляції – аерації і природного освітлення через бічні отвори.

Вибір поверховості проектованої будівлі варто здійснено з урахуванням переваг і недоліків, розглянутих у попередній главі при класифікації будівель.

В цілому, рішення про будівництво одноповерхової будівлі може бути викликано й обґрунтовано такими вихідними даними:

- а) розвинутим по горизонталі технологічним процесом;
- б) великогабаритним устаткуванням і продукцією, що випускається;
- в) значними навантаженнями, включаючи динамічні;
- г) підйомно-транспортними пристроями (крани різного типу) великої вантажопідйомності;

д) підлоговим рейковим транспортом для завезення і вивозу продукції, перевезень усередині будівлі;

е) наявністю достатньої ділянки для забудови зі слабоухиленним рельєфом і рівними по площі гідрогеологічними умовами;

ж) високими сейсмічними і вітровими навантаженнями;

з) прагненням по можливості сховати об'єкт від огляду зі значної відстані, не порушуючи природний ландшафт;

і) відсутністю суворо заданих параметрів внутрішньоцехового середовища;

к) використанням для повітрообміну всього обсягу будівлі природно організованої вентиляції – аерації;

л) використанням природного освітлення через бічні і верхні світлопрорізи на всій робочій площі в будівлі;

м) підвищеною пожежною і вибуховою небезпекою виробництв, розташованих у будівлі;

н) підвищеними вимогами до евакуації людей в аварійних ситуаціях;

о) скороченими термінами будівництва;

п) наявністю розвитої індустріальної бази для масового виготовлення і монтажу (або тільки транспортування і монтажу) конструкцій одноповерхових будівель, зокрема з ЛМК (легких металевих конструкцій).

Усі будівлі і споруди складаються з конструктивних елементів, які у свою чергу поділяються на підтримкові і захисні.

Фундаменти складаються з підколонника і плити. Підколонник має спеціальне заглиблення – стакан, в який установлюють залізобетонну колону.

Стакани зверху на 150 мм, а внизу на 100 мм більше розмірів колони. Це забезпечує зручність монтажу й краще центрування колони. Глибину стакану приймають на 50 мм більше за заглиблену у стакан частину колони. При установці колони на дно стакану на 50 мм підсипають пісок, а після

установки й розкріплення колони вільне місце, що залишилося, в стакані заповнюють цементно-піщаним розчином.

Колони – це вертикальні підтримкові елементи каркасу будинків. Виконують колони з залізобетону або сталі. Залізобетонні колони одноповерхових промспоруд виготовляють прямокутного перерізу і двогілковими. За розташуванням у будинку колони розрізняють як крайні (що розташовуються уздовж зовнішніх стін) і середні.

Ферму вибираємо довжиною 24 м. На фермах покриття укладають плити покриття, що сприймають навантаження, утворювані дахом, снігом, вентиляційними та іншими устроями, установленими на даху будинку, і передають їх на підтримкові конструкції покриття або стіни. Типові залізобетонні плити покриття масового виготовлення мають розміри у плані 3×6 та 1,5×6 м.

У промислових будівлях використовується переважно природне освітлення. Розміри вікон слід призначати відповідно ГОСТ 12506–81, висота вікон приймається кратною 1800 мм, ширина 3600 мм.

Розміри воріт і дверей та їх кількість для кожного приміщення визначають залежно від необхідної пропускної спроможності. Вибираємо ворота висотою 3000 мм; шириною 3000, двері зовнішні ширина 3000 мм; висота 3000 мм.

9.4 Генеральний план виробництва

Генеральний план промислового підприємства являє собою накреслену в масштабі схему промислового майданчика з зображеними проєктованими та існуючими будинками і спорудженнями, основними дорогами і проїздами, благоустроєм й озелененням території.

Генеральні плани промислових підприємств виконаний із дотриманням вимог діючих СНіП, інструкцій із розробки схем генеральних планів, санітарних норм проєктування промислових підприємств, Держстандартів і

інших нормативних документів, зокрема СНіП II-89-80, СНіП II-92-76, СИ 245-71, СН 119-70, СНіП II-106-79, ДСТУ 9238-83 та ін.

Рішення генерального плану забезпечує найбільш сприятливі умови для виробничого процесу і праці, раціональне використання земельної ділянки, найбільшу ефективність капітальних вкладень, раціональну організацію виробничих, транспортних та інженерних зв'язків на підприємствах, між ними і житловою територією, захист оточуючих територій від забруднень тощо.

При проектуванні генплану підприємства використовують декілька принципів, зокрема принцип функціонального зонування, який полягає у поділі майданчику підприємства на зони за їх функціональним використанням: передзаводську, виробничу, підсобну і складську.

Передзаводську зону підприємства розміщують із боку основних під'їздів і підходів працівників до підприємства. У передзаводській зоні розташовують групу будинків обслуговування трудящих, заводоуправління, центральну заводську лабораторію, поліклініку, їдальню, гараж та інші об'єкти. У зоні влаштовують головний вхід на підприємство і головний передзаводський майдан з відкритими стоянками для автомобілів.

Виробничу зону, як правило, розташовують у центральній частині майданчика підприємства. У межах зони розміщують будинки основних виробництв, в яких виготовляють, обробляють і збирають різноманітні види промислової продукції, а також будинки допоміжних виробництв – інструментальні, ремонтні, модельні, експериментальні цехи та ін.

Складську зону доцільно розміщувати біля зовнішніх меж підприємства з огляду на ефективне використання залізничного транспорту для підвозу-вивозу сировини і готової продукції.

Правильне взаємне розташування зон і належного угруповання в них будинків і споруджень – основа раціональної побудови генерального плану.

Цех розташований із урахуванням переважного напрямку вітрів, що визначений по середній розі вітрів літнього періоду на основі багаторічних спостережень (50-100 років) метеорологічних станцій.

Роза вітрів розташована на генеральному плані у верхньому лівому куті креслення і побудована у відповідному масштабі в наступний спосіб: окружність ділять на 8 рівних частин і в результаті одержують 8 румбів: Сх, Пд-Сх, Пн-Сх, Пд, Пд-Зх, Зх, Пн-Зх, Пн. Від центра окружності (початок координат) відкладають в обраному масштабі відсоткову повторюваність вітрів протягом року по відповідних румбах. Отримані точки з'єднують. Найбільш витягнута сторона отриманої фігури показує напрямок пануючих вітрів.

Для виключення або зменшення заносу шкідливостей у житловий район вітрами інших напрямків, що відрізняються від переважного, між підприємством і житловим районом передбачають санітарно-захисну зону.

Будинки і спорудження на території промислового підприємства розташовані компактно, відповідно до їхнього технологічного взаємозв'язку, характером шкідливостей, що виділяються і в залежності від пожежо- і вибухонебезпечності виробництв.

При визначенні протипожежних відстаней за основу взято ступінь вогнестійкості будинків і категорія виробництва за вибуховою, вибухопожежною і пожежною небезпекою. Оскільки відділення відноситься до II-го класу вогнестійкості, то відстані між будинками і спорудженнями не нормувалися.

Водночас СНіП II-89-80 передбачає окремі умови, що дозволяють не нормувати або зменшувати протипожежні відстані.

Для забезпечення можливості ефективного гасіння пожежі передбачено під'їзд пожежних автомобілів до будинків і споруджень по всій їхній довжині з двох боків.

Санітарний розрив між будинками, що освітлюються через віконні прорізи, для забезпечення необхідної інсоляції повинен бути не менше висоти (до верха карниза) протилежного найбільш високого будинку.

До благоустрою території відносять зелені насадження, природний ландшафт, кольорову гаму будинків, споруджень, відкритого устаткування, покриттів доріг і тротуарів, малі архітектурні форми (навіси, альтанки, декоративні стінки, ослони, квіткові вази, елементи наочної агітації, твори монументальної творчості та ін.), майданчики для відпочинку і занять спортом.

Площа озеленених ділянок визначена із розрахунку не менше 3 м² на одного працівника у найбільш численній зміні. Основними елементами озеленення служать газон та місцеві види деревинно-чагарникових рослин.

10 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Як видно з технологічної частини проекту, на об'єкті не використовуються шкідливі, горючі та вибухонебезпечні речовини і матеріали, але використовується електрична енергія. Внутрішньоцеховий транспорт представлений, монорейкою, промисловими трубопроводами, а також ручними візками для транспортування хімічних реактивів.

Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки.

На основі аналізу шкідливих і небезпечних факторів розроблені заходи, щодо забезпечення належних умов праці на робочому місці, а також заходи пожежної безпеки.

10.1 Виявлення та аналіз шкідливих, небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці

10.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, які виконуються в цеху, відносяться до категорії середньої важкості II б. В таблиці 10.1 наведено санітарні норми мікроклімату виробничого приміщення для даної категорії робіт.

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони, технологічного обладнання, зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2 °С за межі оптимальних температур повітря в теплий період року для даної категорії робіт.

$$t_{\text{новоб.}} \bullet t_{\text{оп.р.з.}} \bullet 17 \bullet 20 - \text{в холодний період року.} \quad (10.1)$$

$$t_{\text{новоб.}} \bullet t_{\text{оп.р.з.}} \bullet 20 \bullet 22 - \text{в теплий період року.} \quad (10.2)$$

Для забезпечення необхідної чистоти й мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях передбачена системи кондиціонування. Підготовка,

очищення та розподіл повітря, що надходить, забезпечується центральними кондиціонерами фірми GEA і Euroclima. Передбачена рециркуляція вентиляційного повітря – у приміщення подається близько 20% свіжого повітря і близько 80% рециркуляційного.

Таблиця 10.1 – Санітарні норми мікроклімату

Період року		Категорія робіт	Оптимальні величини			Допустимі величини					
			Температура повітря	Відносна вологість	Швидкість руху повітря, м/с	Температура, °С				Відносна вологість (%) на робо роб місці – пості пост і непостійних	Швидкість руху (м/с) повітря на робо роб місцях – постійних і непостійних
						Верхня межа		Нижня межа			
						На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холод- ний	Середньої важкості П 6	17-19	60-40	0,2	21	23	15	13	75	не більше 0,4	
Теплий		20-22	60-40	0,3	27	29	15	15	70 при 25 °С	0,5-0,2	

Видалення повітря здійснюється відцентровими вентиляторами, установленими на покрівлі цеху, або витяжними установками, встановленими в вентиляційних камерах. Фактичні значення параметрів мікроклімату підтримуються за рахунок використання системи центрального водяного опалення.

Мікрокліматичні показники вимірюються наступними приладами: ртутний термометр (температура), анемометр (швидкість руху повітря), аспіраційний психрометр (відносна вологість).

Коротка санітарна характеристика відділення виробництва води для ін'єкцій наведена в таблиці 10.2.

Таблиця 10.2 – Коротка санітарна характеристика відділення, що проектується

Назва виробничої ділянки	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	ГДК у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Клас виробництва згідно з СН 245-71
Відділення виробництва води для ін'єкцій	Активоване вугілля	Викликає захворювання дихальних шляхів	10	3	Закриті захисні окуляри з прямою вентиляцією, засоби захисту рук від нетоксичного пилю, респіратор протипилювий	При потрапленні в очі добре промити проточною водою протягом 15 хв	Ваговий	V

Заради зменшення ризику потрапляння пилю в дихальні шляхи у виробничих приміщеннях передбачене вологе прибирання.

10.1.2 Виробниче освітлення

У відділенні передбачене використання природного, штучного та суміщеного освітлення. Згідно ДБН В. 2.5-28-2006 в цеху виконуються роботи з зоровими умовами, які відносять до IV а, VIII а розрядів. В таблиці 10.3 представлено санітарні норми параметрів освітлення.

Штучне освітлення в цеху здійснюється за допомогою газорозрядних ламп низького тиску.

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):

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k / n \cdot u \cdot m, \quad (10.3)$$

де F – світловий потік однієї лампи, лм;

E – нормована освітлюваність, $E = 500$ лк;

S – площа приміщення, $S = 500 \text{ м}^2$;

z – поправочний коефіцієнт світильника, $z = 1,25$;

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

n – кількість світильників, $n = 80$;

u – коефіцієнт використання, що залежить від типу світильника, показника (індекса) приміщення, відбиття і т.д., $u = 0,6$;

m – число люмінесцентних ламп у світильнику, $m = 2$.

Таким чином, необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k / n \cdot u \cdot m = 500 \cdot 500 \cdot 1,25 \cdot 1,1 / 80 \cdot 0,6 \cdot 2 = 3581 \text{ лм.}$$

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

Відповідно до розрахованого світлового потоку ($F = 3581$ лм), необхідного для забезпечення заданої освітленості, обираємо тим лампи ЛД

потужністю 65 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, $P = 65$ Вт.

$$W = 65 \cdot 80 \cdot 2 = 10400 \text{ Вт.}$$

Таблиця 10.3 – Санітарні норми параметрів штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення	Суміщене освітлення			
		Освітлення, лк			Сукупність нормованих величин показника освітленості і коефіцієнта пульсації		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	
		всього	у т.ч. від загальноного		Р	Кп, %					
Середньої точності	IVa	500	200	200	40	20	4	1,5	2,4	0,9	
Спостереження за ходом виробничого процесу	VIIIa	-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6	

При відключенні робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення (типу ЛБА 3923) приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

Контроль освітленості здійснюється люксометром Ю – 116 не менше 1 разу на рік, а також після ремонту приміщень.

10.1.3 Захист від шуму та вібрацій

Основне технологічне обладнання фармацевтичного виробництва практично безшумне. Джерелом шуму у відділенні підготовки води для лікарських форм є рух води по трубопроводах, оскільки вода рухається з великою швидкістю, насоси та їх електродвигуни. Згідно ДСН 3.3.6.037-99, рівень шуму на території підприємства не повинен перевищувати 80 дБА. На території цеху рівень шуму складає 50-60 дБА, що не перевищує норму. Для усунення або зменшення вібрації і шуму машин, що виникає при їхній роботі проектом передбачені наступні заходи:

- обладнання встановлюється на шумопоглинальних і віброгасильних фундаментах.
- зміна числа оборотів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою.

Для контролю шуму використовують шумоміри.

10.1.4 Електробезпека

Електрообладнання у відділенні виробництва ВДІ живиться від трьохфазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

Робота обладнання не створює специфічних електричних і електромагнітних полів.

Ураження електричним струмом можливе у результаті дотику до відкритих струмопровідних елементів обладнання, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції. Місцями електризації є трубопроводи. Причинами цього є рух рідини (води з домішками) по них.

Для запобігання утворення статичної електрики передбачене підключення устаткування до заземлювального контуру.

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 допустимі рівні напруг дотику і струму, що проходить через тіло людини: $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$ і $U_{\text{д}} = 2 \text{ В}$ в нормальному режимі, та $I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$ і $U_{\text{д}} = 36 \text{ В}$ в аварійному.

Оскільки при нормальному режимі при $\tau \leq 10 \text{ хв/добу}$, $R_0 = 4 \text{ Ом}$, $R_{\text{л}} = 3000 \text{ Ом}$, то:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73,23 \text{ мА}, \quad (10.5)$$

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} = 73,23 \cdot 3000 = 219,72 \text{ В}. \quad (10.6)$$

Розраховані значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{д}}$ значно перевищують наведені вище нормативні значення. Це свідчить про те, що при порушенні вимог правил улаштування електроустановок у відділенні можливі електротравми з тяжкими наслідками. Приміщення цеху відноситься до приміщення без підвищеної небезпеки, оскільки характеризується відсутністю умов, які створюють підвищену або особливу небезпеку.

Для забезпечення безпеки роботи, в діючих електроустановках передбачається комплекс заходів:

- допуск до роботи по видаленню несправностей лише людей, які пройшли спеціальну підготовку;
- занулення електроустаткування;
- застосування з'єднувальних провідників зі справною ізоляцією;
- використання попереджувальної сигналізації та попереджувальні знаки встановлені в місцях наближених до місць, які знаходяться під напругою.

Для забезпечення електробезпеки використовуються: індивідуальні захисні засоби, електроізоляція струмоведучих частин, діелектричні рукавиці, діелектричні коври, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, плакати та знаки безпеки, діелектричні галоші.

10.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Експлуатація дистилятора, зворотньоосмотичної установки, фільтрів, насосів, УФ-лампи дозволяється персоналу, який пройшов спеціальне навчання, інструктаж з охорони праці і має посвідчення про здачу іспиту на право роботи

на даному виді устаткування.

Основними причинами створення аварійних ситуацій можуть бути:

- невідповідність вихідної води вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10;
- перевищення рівня рідини в баках;
- порушення технологічного режиму в результаті відмови в системі автоматичного керування та регулювання технологічного процесу;
- механічне пошкодження реакційної апаратури, через недбале її використання.

Для забезпечення безпечної роботи технологічного процесу передбачені наступні заходи:

- проектом передбачається комплексна автоматизація технологічних процесів з виносом в операторську таких параметрів (температура – T , витрата реагенту – F , рівень рідини в апараті – L та тиск – P), що забезпечують безпечну роботу обладнання. Технологія системи обладнана як засобами автоматичного та дистанційного управління, так і засобами контролю та сигналізації;
- відбір проб води;
- застосування засобів колективного захисту працівників;
- для захисту апаратури від перевищення тиску проектом передбачені запобіжні клапани.

10.2 Пожежна безпека

Сировина і матеріали, що використовуються у відділенні виробництва води для ін'єкцій, не є токсичними, вибухо- та пожежонебезпечними речовинами.

Можливими причинами загорянь та вибухів у цеху можуть бути наступні фактори:

- не виконання правил техніки безпеки;
- електрозамикання;
- удар блискавки в будівлю, занос високих потенціалів блискавки в приміщення через електропровідні комунікації (оболонка кабелів, проводка, труби);
- перевантаження та нагрів електрообладнання.

Запобігання пожежі досягається наступними заходами:

- перевірка персоналу на знання правил техніки безпеки;
- використання засобів пожежогасіння (вуглекислотні вогнегасники ВВК-5, ящики з піском);
- встановлення пожежної сигналізації автоматичного типу;
- застосування заземлення;
- встановлення стрижньового блискавковідводу;

У виробничих приміщеннях розвішені план евакуації, всі необхідні інструкції і плакати на тему пожежної безпеки.

Засоби пожежогасіння, протипожежний інвентар повинні бути легкодоступними для всіх працівників, а також знаходитися в справному стані і бути пофарбовані в червоний колір.

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".

Таблиця 10.4 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів. Класифікація виробництва щодо пожежо- і вибухонебезпечності та влаштування блискавкозахисту

Виробничі приміщення	Назва ділянки, установки		Речовини, що мають обіг у виробництві	Агрегатний стан речовини при нормальних умовах	Горючість, займистість, вибухонебезпечність	Показники пожежо- і вибухонебезпечності			Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Засоби пожежогасіння	Категорія приміщення по ОНТП 24-86	Клас приміщення /зона/ і зовнішніх установок згідно з ПБЕ	Категорія об'єкту і тип зони захисту від блискавки згідно з СН 305-77
	Машинне масло	Дерево				Температура спалаху, °C	Температура займання, °C	Температура самозаймання °C	Категорія	Група				
	Рідина	Тверде												
	Горюче	Легкогорюче												
	200	-												
	160	190 – 230												
	380	270 – 280												
	IIб	IIа												
	-	T3												
	Вода, вогнегасники вуглекислотні ВВК-5, пінні	Вода, піна												
	Г	Б												
	-	II-II												
	IIIа													

10.2.1 Аналіз безпеки об'єкта

Аналіз безпеки об'єкта проводиться на основі докладного розгляду його стану згідно з вимогами, міжгалузевої і галузевої нормативної документації, рекомендацій довідкової і науково-технічної літератури, а також з урахуванням аварій і аварійних ситуацій, що відбувалися на ньому та аналогічних об'єктах.

Об'єкт відноситься до А класу безпеки згідно плану локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій (ПЛАС) [14]. За класом приміщень із

вибухонебезпеки він не є вибухо- чи пожежонебезпечним. При виникненні пожежі в результаті можливе руйнування обладнання. Для забезпечення пожежної безпеки підприємство обладнане вогнегасниками, пожежними рукавами та іншим протипожежним обладнанням .

Потенційними видами небезпеки для кожної одиниці обладнання (апарата, машини) і процесу, що проходить у ньому є:

- пожежа;
- вибух (усередині обладнання, будівлях або навколишньому середовищі);
- розрив або зруйнування обладнання;
- сполучення перелічених видів небезпеки.

Аварійні ситуації можуть виникнути через: порушене водопостачання, ураження електричним струмом, неналежну роботу вентиляційної системи, займання або самозаймання речовин.

В разі аварійної ситуації забороняється допускати сторонніх осіб в небезпечну зону, повідомити про те, що сталося керівника робіт. Особи, які зайняті ліквідацією аварій, повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту. При виникненні пожежі викликати пожежну частину та приступити до гасіння підручними засобами пожежогасіння. За командою керівництва необхідно зупинити виробництво і знеструмити електрообладнання, а також відключити вентиляцію.

Якщо є потерпілі надавати їм першу медичну допомогу; при необхідності викликати швидку допомогу. Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки. Також необхідно визначити безпечні зони й місця можливих сховищ, шляхи евакуації, що не потрапляють під вплив небезпечних чинників аварії.

Необхідне чітке виконання усіх правил і застережень, щоб уникнути ще більшого матеріального збитку, псування власності підприємства та завдання шкоди здоров'ю тих хто приймає участь у ліквідації пожежі. Після прибуття

пожежної бригади всі робітники підприємства повинні залишити небезпечну зону.

Визначення розмірів і площі зони хімічного зараження

Розрахунок здійснено з припущенням, що на відстані $R = 2,5$ км розміщено цех, при аварії на якому може відбутися виділення небезпечних хімічних речовин (НХР).

Визначення глибини зони хімічного зараження (ЗХЗ) пропонується табличним методом, з використанням поправочних коефіцієнтів [15]:

$$G = G_{\text{табл}} \cdot \frac{K_v}{K_{\text{обв}} \cdot K_{\text{місц}}},$$

(10.7)

де $G_{\text{табл}}$ – глибина ЗХЗ;

$K_{\text{обв}}$ – коефіцієнт, що враховує наявність обвалування у ємності з НХР;

$K_{\text{місц}}$ – коефіцієнт, що враховує характер місцевості;

K_v – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру.

$$G = 23 \cdot \frac{1}{1 \cdot 0,5} = 46 \text{ км.}$$

Ємність необвалована на відкритій місцевості при конвекції.

Ширина ЗХЗ залежить від глибини зони і ступеня вертикальної стійкості повітря:

$$Ш = 0,6 \cdot G \text{ – при конвекції,}$$

(10.8)

$$Ш = 0,6 \cdot G = 0,6 \cdot 46 = 27,6 \text{ км.}$$

Площа ЗХЗ у вигляді рівнобедреного трикутника дорівнює:

$$S = 0,5 \cdot G \cdot Ш = 0,5 \cdot 46 \cdot 27,6 = 630,7 \text{ км}^2.$$

(10.9)

Обґрунтування розрахунків представлено на рисунку 9.1.

Висновки: оскільки глибина зони зараження (46 км) більша за відстань до центру зараження R (2,5 км), то цех потрапить до зони ураження.

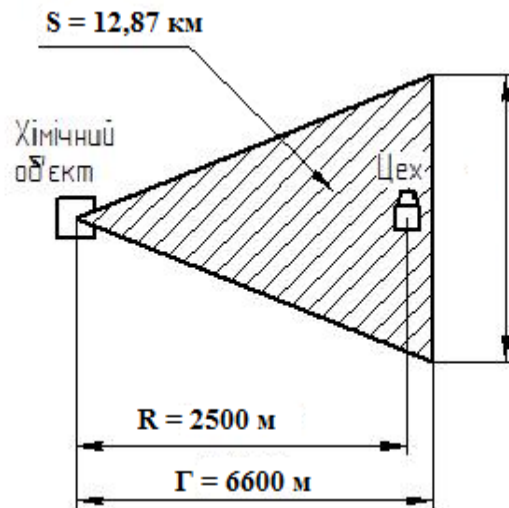


Рисунок 10.1 - Визначення розмірів і площі ЗХЗ.

Час підходу зараженої хмари до цеху розраховуємо за формулою:

$$t_{\text{підх}} = \frac{R}{W},$$

(10.10)

де R – відстань між об'єктом та місцем аварії, м;

W – швидкість переміщення хмари, м/с.

$$t_{\text{підх}} = \frac{2500}{7} = 357,1 \text{ сек} \approx 6 \text{ хв}$$

Висновки: через 6 хв після аварії хмара дійде до цеху. За цей час потрібно оповістити персонал та провести евакуацію.

11 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

11.1 Схема організації відділення підготовки води для ін'єкцій

Проектом передбачена розробка відділення підготовки води для ін'єкцій методом дистиляції.

Цех належить до підприємств хімічної промисловості. Згідно класифікації підприємств:

- за масштабами виробництва – масове виробництво;
- за структурою виробництва – вузькоспеціалізоване підприємство;
- за ресурсами що споживаються – матеріало- та енергомістке;
- за потужністю виробничого потенціалу – мале підприємство
- за економічним призначенням продукції – товар промислового призначення;
- за впливом на предмет праці – обробне;
- за режимом роботи протягом року – безперервне.

Головною метою цеху є задоволення потреби фармацевтичних фірм у швидкому та недорогому постачанні стерильної води і отримання прибутку.

Головним завданням цеху є виготовлення якісного продукту згідно стандартів GMP. Галузева приналежність: Виробництво фармацевтичних препаратів і матеріалів, код –B21.20.

Організаційна структура відділення зображена на рисунку 11.1.

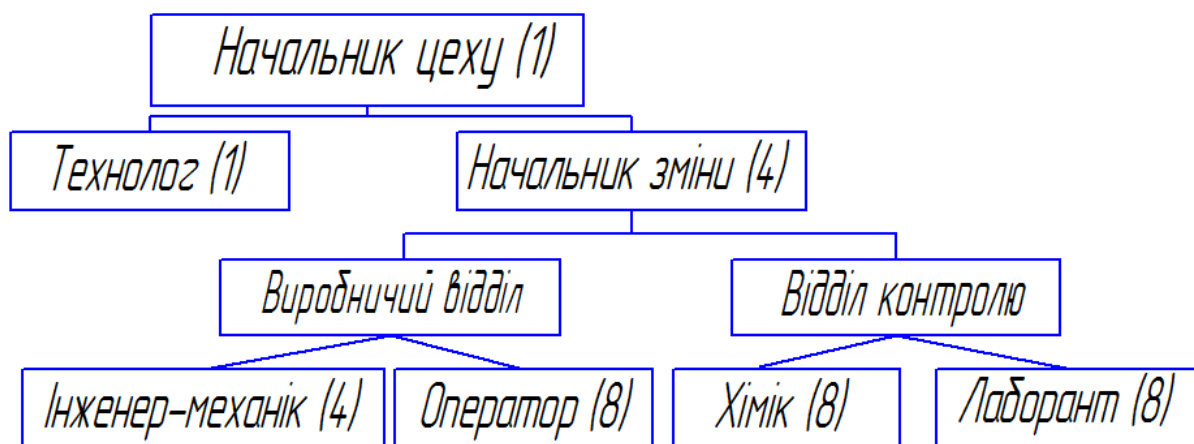


Рисунок 11.1 – Схема організації структури цеху.

11.2 Класифікація виробничих процесів

Виробничі процеси, що виконуються в цеху наведені в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1 – Класифікація виробничих процесів цеху на основні, допоміжні, підсобні та бічні.

Основні	Подача води, фільтрування, пом'якшення води, очищення на зворотноосмотичній установці, УФ-стерилізація, дистиляція, пакування готової продукції, контроль якості.
Допоміжні	Транспортування товару, регенерація фільтрів.
Підсобні	Ремонт обладнання.
Бічні	Відведення відходів виробництва.

11.3 Визначення оптимального виду руху предметів праці

Технологічний процес складається з стадій. Перелік процесів та їх тривалість представлені в таблиці 11.2.

Таблиця 11.2 – Тривалість операцій виробничого процесу

№	Операція	Тривалість, хв
1	Механічне фільтрування	5
2	Знезалізнення	10
3	Фільтрування на вугільному фільтрі	10
4	Пом'якшення	15
5	Зворотний осмос	15
6	УФ опромінення	5
7	Дистиляція	20

Добова норма виробництва становить 480 м³/добу.

При послідовному ВРПП (вид руху предметів праці) тривалість виробничого циклу становить:

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (11.1)$$

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

Випуск становить:

$$B = \frac{T_{\text{носл}}}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{24 \cdot 60}{80} = 18.$$

При паралельному ВРПП тривалість виробничого циклу становить:

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot B \cdot \tau_{\text{max}}, \quad (11.2)$$

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

$$T_{\text{вц}} = 80 \cdot 18 \cdot 20 = 420 \text{ хв} = 7 \text{ год.}$$

При синхронізованому ВРПП тривалість виробничого циклу становить:

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot B \cdot \tau_{\text{max}}, \quad (11.3)$$

$$T_{\text{вц}} = 80 \cdot 18 \cdot 165 = 165 \text{ хв} = 2,75 \text{ год.}$$

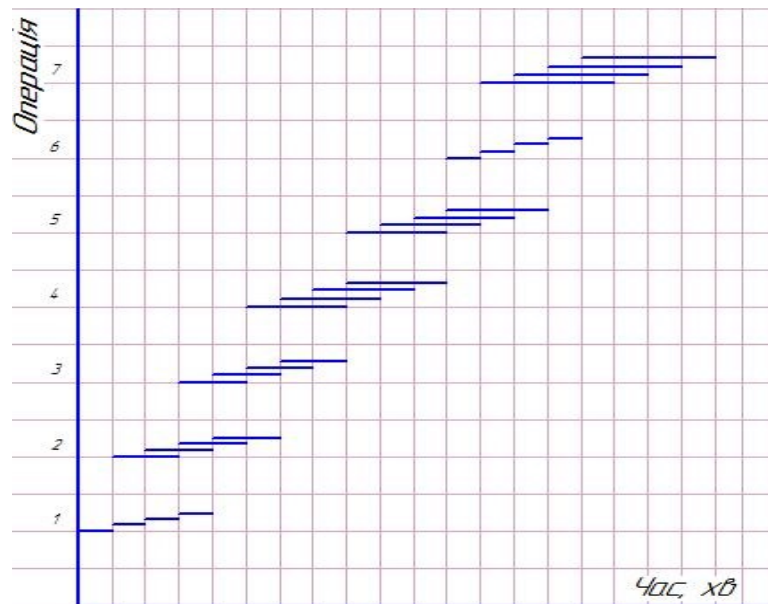


Рисунок 11.2 – Синхронізований ВРПП.

Беручи до уваги технологію виробництва оптимальним є синхронізований ВРПП, тому що при послідовному та паралельному виготовляється менша кількість продукції за більший проміжок часу.

11.4 Середньорічні показники роботи підприємства

Фактична тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{ф}} = T_{\text{ВЦ}}^{\text{пл}} + T_{\text{перерв}} = 165 + 30 = 195 \text{ хв} = 3,25 \text{ год.}$$

Річна тривалість роботи підприємства:

$$T_p = 365 \cdot 3,25 = 1186,25 \text{ год.}$$

11.4.1 Графік планово-попереджувальних ремонтів

За рахунок зносу обладнання має проходити ППР у чітко встановлені терміни. Основним апаратом у нашому виробничому циклі є дистилятор, який має ремонтні показники, наведені в таблиці 11.3.

Таблиця 11.3 – Графік ремонтів

Тип ремонту	Міжремонтний період, год	Тривалість простою у ремонтах, год
Капітальний	4260	200
Середній	1420	44
Поточний	568	16

Згідно цих нормативів розраховується потрібна кількість ремонтів на рік:

$$n_k = T_{\text{рік}}/a = 8760/4260 = 2 \text{ ремонтів на рік,}$$

$$n_c = 8760/1420 - 2 = 6 - 2 = 4,$$

$$n_n = (8760/568) - 2 - 4 = 15 - 6 = 9.$$

$$T_{\text{простою}} = 2 \cdot 200 + 4 \cdot 44 + 9 \cdot 16 = 720 \text{ год.}$$

Графік проведення ремонту наведено в таблиці 11.4.

Таблиця 11.4 – Графік ремонту дистилятора

Обладнання	Місяць												Час простою	Ефективний час роботи
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Дистилятор	П	С	П	С	2П	К	П	С	2П	С	2П	К	720	8040

$$T_{\text{ефективне}} = 8760 - 720 = 8040 \text{ год.}$$

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

$$T_{ВЦ}^{ср.р.} \bullet \frac{D_K \cdot 24}{T_p \cdot D_p} T_{ВЦ}^{\phi}, \quad (11.4)$$

де D_K – кількість календарних днів у році;

24 – кількість годин на добу;

T_p – тривалість роботи цеху протягом доби;

D_p – кількість робочих днів цеху протягом року;

$T_{ВЦ}^{\phi}$ – фактична тривалість.

$$T_{ВЦ}^{ср.р.} \bullet \frac{365 \cdot 24}{8040} = 3,25 \bullet 3,54 \text{ год.}$$

За один цикл підприємство випускає 18 умовних партій води для ін'єкцій, кожна по $26,7 \text{ м}^3$.

Таким чином, річний випуск підприємства становить:

$$B_p = 18 \cdot 26,7 \cdot 335 = 161001 \text{ м}^3 / \text{рік.}$$

11.5 Чисельність персоналу

Для робочого персоналу робочий тиждень має вигляд: 7 днів на тиждень, режим роботи у 3 зміни, тривалість робочої зміни 8 годин. Для керуючого персоналу робочий тиждень має вигляд: 5 днів на тиждень, режим роботи (з 8^{00} до 16^{00}):

Перша зміна працюватиме з 8^{00} до 16^{00} : $\text{Ч}_{\text{яв}} = 10$ осіб.

Друга зміна – з 16^{00} до 24^{00} : $\text{Ч}_{\text{яв}} = 8$ осіб.

Третя зміна – з 24^{00} до 8^{00} : $\text{Ч}_{\text{яв}} = 8$ осіб.

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік}} \bullet \frac{365 \cdot 8 T_{\text{св}}}{7} \bullet 4 \cdot 8 (T_{\text{св}}^* \cdot 81) \uparrow \bullet \frac{365 \cdot 811}{7} \bullet 4 \cdot 8 (8 \cdot 81) \uparrow \bullet 2016 \text{ год.}$$

$$N_{\text{бриг}} \bullet \frac{T_{\text{підпр}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{рік}}} \bullet \frac{8040}{2016} = 4 \text{ бригади.}$$

Графік змінності наведений в таблиці 11.5.

Таблиця 11.5 – Графік змінності робочого персоналу

Дні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Бригада																
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.

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік}} = \frac{335}{T_{\text{з.м.об.}}} (T_{\text{з.м.об.}} + 8T_{\text{вихідн.}} + T_{\text{зміни}}), \quad (11.5)$$

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік}} = \frac{335}{16} (16 + 8) \cdot 2010 \text{ год.}$$

Чисельність працівників за списком становить 34 особи.

11.6 Контроль виробництва

Вхідний контроль – це перевірка якості надходжень. Вхідному контролю підлягають проби води, котрі відбираються лаборантами 2 рази за зміну. Результати заносяться до журналу вхідного контролю.

Поточний контроль – процес перевірки виконання роботи працівників начальником зміни, а також технологічного процесу операторами.

Проби води аналізують на загальний солевміст, мікробіологічну чистоту, вміст заліза, мангану, загальну твердість, органічний вуглець, розчинений хлор. За результатами поточного контролю ведуть журнал поточного контролю.

Заключний контроль – перевірка готової продукції (хіміками) на якість, після приготування. 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 начальник зміни, хімік і лаборант.

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

Стан технологічного обладнання перевіряється інженером-механіком та технологом після його закупки. Також справність обладнання перевіряється на початку і вкінці робочої зміни інженером-механіком.

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. Максимальний термін зберігання – 24 год в асептичних умовах. Вода для ін'єкцій, розфасована у відповідні контейнери, закупорена і стерилізована нагріванням в умовах, які гарантують, що одержаний продукт витримує випро-

бування на бактеріальні ендотоксини, отримала назву «Вода для ін'єкцій стерильна». Вона не повинна містити жодних додаткових речовин, має бути прозорою й безбарвною. Кожний контейнер має містити достатню кількість води, щоб забезпечити можливість витягування номінального об'єму.

11.7 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва

11.7.1 Розрахунок основних та оборотних фондів

До оборотних фондів даного виробництва відносять, сировину, електроенергію, допоміжні матеріали [16].

1. Розрахунок витрати електроенергії:

Потужність обладнання: $N = 350$ кВт.

Оскільки потужність більше 30 кВт маємо перший клас напруги.

Ціна 1кВт = 1,8 гривень – денний час, в нічний час: 1кВт = 0,35 гривень.

Підприємство працює 24 години на добу 365 днів на рік

$$B_{8.00-00.00} = 16 \cdot 365 \cdot 350 \cdot 1,8 = 3679200 \text{ грн/рік},$$

$$B_{00.00-08.00} = 8 \cdot 365 \cdot 350 \cdot 0,35 = 357700 \text{ грн/рік}.$$

Сумарні витрати на електроенергію:

$$B_{\text{електр}} = 3679200 + 357700 = 4036900 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

2. Розрахунок витрат сировини:

- питна вода: $W = W_1 + W_2 = 2\,379\,456 + 2\,593,4 = 2\,382\,049,4$ грн/рік;

де $W_1 = 13,77 \cdot 480 \cdot 365 = 2\,379\,456$ грн/рік – технологічні потреби;

$W_2 = 13,77 \cdot (0,012 \cdot 43) \cdot 365 = 2\,593,4$ грн/рік – потреби працівників.

- загрузка фільтрів – 230 000 грн/рік;

- реагенти для проведення аналізу на якість води – 200 000 грн/рік;

Всього на річний випуск продукції витрачається сировини вартістю:

$$B_{\text{сир}} = 2\,382\,049,4 + 230\,000 + 200\,000 = 2\,812\,049,4 \text{ грн/рік}.$$

Види запасів:

1. Транспортний – кількість днів між транспортними поставками.
2. Технологічний – попередня підготовка сировини, надання їй необхідних властивостей.
3. Складський (поточний) – забезпечує безперервну роботу на підприємстві; дорівнює $\frac{1}{2}$ транспортного запасу.
4. Страховий – на випадок непередбачених подій; дорівнює $\frac{1}{2}$ поточного запасу.

Норматив виробничих запасів розраховуємо за формулою:

$$H_{\text{в.з}} = Z_{\text{д}} \cdot D_{\text{з}},$$

де Z_d – запаси добові;

D_3 – дні запасу.

Період на розвантаження і складання дорівнює 1 день; інтервал поставок матеріалу дорівнює 14 днів.

$$H_{\text{в.з}}(\text{реактивів}) = \frac{200000}{335} \cdot 14 \cdot 14 \cdot 1,5 = 213134,3 \text{ грн.}$$

3. До основних фондів відділення належать:

- вартість приміщення – 700 000 грн;
- сумарна вартість обладнання – 10 728 600 грн;
- нематеріальні активи – 200 000 грн.

Таблиця 11.6 – Вартість обладнання

Назва	Марка	Кількість, шт	Вартість, грн
Резервуар для води	PBC	4	40 000
Фільтр зnezалізнення	Ecosoft	2	60 996
Вугільний фільтр	Ecosoft FPA 1665 CT	2	63 500
Іонообмінний фільтр	Ecosoft FU 4872 CG 2	2	62569
Зворотньоосмотична установка	Ecosoft MIDI	2	4 243 668
Механічний фільтр	BWT RF 100 A	2	247 404
Насос	Aquasystem	4	26 520
Дистилятор	LD 5000/8	2	5 983 943

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

$$A_{\text{буд}} = B_{\text{буд}} / T_{\text{експ}} = 700\,000 / 20 = 35\,000 \text{ грн/рік.}$$

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

$$A_{\text{обл}} = V_{\text{обл}} / T_{\text{експ}} = 10\,728\,600 / 5 = 2\,145\,720 \text{ грн/рік.}$$

Амортизація нематеріальних активів ($T_{\text{експ}} = 10$ років):

$$A_{\text{н.а.}} = V_{\text{н.а.}} / T_{\text{експ}} = 200\,000 / 5 = 40\,000 \text{ грн/рік.}$$

Амортизаційні відрахування:

$$A = A_{\text{буд}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{н.а.}} = 35\,000 + 2\,145\,720 + 40\,000 = 2\,220\,720 \text{ грн/рік.}$$

Вартість основних фондів:

$$\text{ОФ} = V_{\text{буд}} + V_{\text{обл}} + V_{\text{н.а.}} = 700\,000 + 10\,728\,600 + 200\,000 = 11\,628\,600 \text{ грн.}$$

В таблиці наведено заробітні плати працівників для розрахунку ФОП.

Таблиця 11.7 – Заробітна плата персоналу

Посада	Кількість	Ставка	День	Ніч	ЗП працівників, грн/міс	Свята (11 днів)
Начальник цеху	1	12000	-	-	12000	8679,5
Технолог	1	10000	-	-	10000	7232,9
Хімік	8	7000	4666,7	2333,3	56000	40504,1
Лаборант	8	6000	4000	2000	48000	34717,8
Начальник зміни	4	8500	5666,7	2833,3	34000	24591,8
Оператор	8	5000	3333,3	1666,7	40000	28931,5
Інженер – механік	4	5000	3333,3	1666,7	20000	14465,8
Всього:					220000	159123,4

Також передбачені премії (становить 20 % від ставки робітника), що нараховуються 1 раз в квартал і так звана «13-та зарплата»:

$$D_{\text{зп}} = 220\,000 \cdot 0,2 \cdot 3 + 220\,000 = 352\,000 \text{ грн/рік}$$

Інші виплати:

$$I_{\text{в}} = 220\,000 \cdot 12 \cdot 0,1 = 264\,000 \text{ грн/рік}$$

Фонд оплати праці відділення:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарахування}, \quad (11.6)$$

$$\text{ФОП} = (220\,000 \cdot 12 + 616\,000 + 159\,123,4) \cdot 1,22 = 4\,166\,450,5 \text{ грн/рік.}$$

Вартість оборотних засобів відділення:

$$\text{ОБЗ} = \text{В}_{\text{сиров}} + \text{В}_{\text{ел}} + \text{ФОП}. \quad (11.7)$$

$$\text{ОБЗ} = 2\,812\,049,4 + 4\,036\,900 + 4\,166\,450,5 = 11\,015\,399,9 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 11.8 – Калькуляція

№	Елементи витрат	Одиниця виміру, грн/рік
1	Сировина	2 812 049,4
2	ФОП	4 166 450,5
3	Електроенергія	4 036 900
4	Амортизація	2 220 720
Разом:		13 236 119,9

11.7.2 Техніко-економічні показники

1. Розрахунок собівартості води:

$$C = A + \text{ОБЗ} = 2\,220\,720 + 11\,015\,399,9 = 13\,236\,119,9 \text{ грн/рік.}$$

За рік підприємство виготовляє $161\,001 \text{ м}^3$ води для ін'єкцій.

2. Собівартість 1 м^3 води:

$$C_{\text{один}} = \frac{C}{B} = \frac{13\,236\,119,9}{161\,001} = 82,2 \text{ грн/м}^3.$$

3. Річний прибуток (при ціні $124,00 \text{ грн/м}^3$)

$$\Pi = \Pi - C = 161\,001 \cdot 124 - 13\,236\,119,9 = 6\,728\,004,1 \text{ грн/рік.}$$

4. Рентабельність:

$$P = \Pi / C \cdot 100\% = (6\,728\,004,1 / 13\,236\,119,9) \cdot 100\% = 50,8\%.$$

5. Капіталовкладення:

$$K = \text{ОБЗ} + H_{\text{в.з.}} + \text{ОФ} = 10\,274\,449,9 + 213\,134,3 + 11\,628\,600 = 22\,116\,184,2 \text{ грн.}$$

6. Розрахуємо час повернення капіталовкладень на будівництво цеху:

$$T_{\text{пов}} = \frac{K}{\Pi} \quad (11.8)$$

$$T_{\text{пов}} = 22\,116\,184,2 / 6\,728\,004,1 = 3,3 \text{ року,}$$

де ОФ – сума основних фондів підприємства.

7. Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = 1 / T_{\text{пов}} = 1 / 3,3 = 0,3.$$

8. Фондовіддача виробничих фондів:

$$\text{ФВ} = (\Pi \cdot B) / \text{ОФ} = 19\,964\,124 / 11\,628\,600 = 1,72 \text{ грн/грн.}$$

9. Фондоємність:

$$\Phi\epsilon = 1/\Phi B = 1/1,72 = 0,58 \text{ грн/грн.}$$

10.Продуктивність праці:

$$\text{ПП} = B/\text{Ч}\cdot T = 161\,001/34\cdot 8040 = 0,59 \text{ од/людино год.}$$

Таблиця 11.9 – Зведена таблиця техніко-економічних показників

№	Показник	Значення
1	2	3
1	Річний випуск продукції, м ³ /рік	B = 161 001
2	Чисельність персоналу за списком, осіб	Ч _{сп} = 34
3	Капіталовкладення, грн.	K = 22 116 184,2
4	Загальна собівартість продукції, грн/рік	C = 13 236 119,9
5	Ринкова вартість продукції грн/рік	B = 19 964 124
6	Відносний прибуток грн/рік	П = 6 728 004,1
7	Рентабельність продукту, %	P = 50,8
8	Термін повернення капіталовкладень, років	T _{пов} = 3,3
9	Коефіцієнт економічної ефективності	E = 0,3
10	Фондовіддача виробничих фондів грн/грн.	ΦB = 1,72
11	Фондоємність, грн/грн.	Φϵ = 0,58
12	Продуктивність праці, од/людино год	ПП = 0,59

Проаналізувавши техніко-економічні показники даного підприємства, можна сказати, що воно є рентабельним, повністю окупить капіталовкладення через 3,3 роки. Розраховані показники свідчать про те, що цех є конкурентоспроможним на ринку послуг і має значні перспективи розвитку у цій галузі.

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті обґрунтована та розроблена технологічна схема підготовки води для ін'єкцій обраним методом дистиляції із комбінацією зворотного осмосу.

Приведена характеристика вихідної води, води для ін'єкцій, та допоміжних матеріалів, що виробляються у відповідності з діючими стандартами та технічними умовами.

Наведена технологічна схема та її опис. Розраховано основне та допоміжне обладнання у відповідності із продуктивністю ($20 \text{ м}^3/\text{год}$) виробництва, для забезпечення якої обрано основний апарат – багатоколонний дистилятор в кількості 3 штук з продуктивністю $7 \text{ м}^3/\text{год}$. Розраховано витратний коефіцієнт води питної, який складає $1,444 \text{ м}^3/\text{м}^3$, витратний коефіцієнт води питної для розведення концентрату після першої стадії становить $0,182 \text{ м}^3/\text{м}^3$, витратний коефіцієнт солі на регенерацію сягає $0,24 \text{ м}^3/\text{м}^3$, витрата води на розведення солі дорівнює $0,0027 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Представлено схему автоматизації процесу водопідготовки, що передбачає контроль та регулювання таких параметрів як тиск у фільтрах та зворотно-осмотичній установці, витрата води у трубопроводі, температуру в дистиляторах, а також рівень води в баках.

Розроблено об'ємно-планувальні рішення.

В результаті виконання економіко-організаційного розрахунку була розрахована собівартість 1 м^3 води: $C = 124 \text{ грн}$. Проаналізувавши техніко-економічні показники даного підприємства, можна сказати, що воно є рентабельним, та повністю окупить капіталовкладення через 3,3 роки.

Було розглянуто екологічні проблеми, що виникають під час запровадження схеми підготовки води для ін'єкцій та обрано методи вирішення цих проблем. Було розглянуто технологічну схему та досліджено, що солевміст концентрату становить $1245,7 \text{ мг/дм}^3$ при допустимій нормі

1000 мг/дм³. Проаналізовано шляхи безпечного ведення процесу, розроблено рекомендації по безпечному проведенню процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фармацевтическая отрасль [Електронний ресурс]: Водоподготовка, способы производства воды для инъекций, 2014 – Режим доступу : http://promoboz.com/ru/view_article?id=61, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
2. Мировые водные технологии [Електронний ресурс]: Системы (установки) очистки воды для фармацевтики и медицины – Режим доступу: <http://wwtec.ru/index.php?id=471>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
3. Верховна Рада України [Електронний ресурс]: Законодавство України, екологічний податок. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10/page3>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.
4. Аптека 95 [Електронний ресурс]: Фармацевтический дайджест: Получение различных типов воды для фармацевтических целей , 2011 – Режим доступу: <https://newsapteka95.wordpress.com/2011/08/31/получение-различных-типов-воды-для-фа/>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
5. Ecosoft water professionals [Електронний ресурс]: Промышленное оборудование – Режим доступу: <http://www.ecosoft.ua>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
6. Rolfis [Електронний ресурс]: Интернет-магазин – Режим доступу: <http://rolfis.com.ua/shop/raskhodnye-materialy-i-komplektuyushchie/zasypki/greensand-plus--.html>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.

7. UKR AQUA [Електронний ресурс]: Системы водопоснабжения, водоподготовки и водоочистки – Режим доступу:
http://ukraqa.com.ua/catalogue/materials_for_water_filtration_and_filters_in_exchange_resins/DOW-65.html, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
8. Федотов А.Е. Чистые помещения [Текст]/А. Е. Федотов. – М.: АСИНКОМ, 2003. – 576 с.
9. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет[Текст] / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1986. – 272с.
10. Luxun International Group [Електронний ресурс]: Фармацевтическое оборудование: Многоколонный дистиллятор. – Режим доступу:
<http://lxn.ru/index.php?id=305>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
11. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.: іл. – Біблігр.: с. 230–231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.
12. Профи Винс [Електронний ресурс]: Бухгалтерское сопровождение, ведение фирм от А до Я: Екологічний податок – Режим доступу:
<http://www.profiwins.com.ua/uk/legislation/kodeks/1357.html>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.
13. Концевой А. Л. Проективання виробництв неорганічних речовин. Курс лекцій та методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів спеціальності ХТНР (Свідоцтво НМУ № Е9/10-099). / А.Л. Концевой, К.М. Банюк. – К.: НТУУ “КПІ”, 2009. – 182 с.
14. Ткачук К. Н. Основы охраны труда: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов; за ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. – К.: Основа. 2006 – 448 с.

15. Метод. вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах для спеціалістів і магістрів хіміко-технологічного факультету і факультету біотехнології та біотехніки/ Уклад.: А. Т. Орленко, Н. А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, О. С. Ільчук – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 62 с.
16. Электрические сети [Електронний ресурс]: Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій – Режим доступу: <http://leg.co.ua/instrukcii/ohrana-truda/polozhennya-schodo-rozrobki-planiv-lokalizacii-ta-likvidacii-avariinih-situacii-i-avarii.html>, вільний. - Загол. з екрана. – Мова укр.
17. Методичні матеріали та завдання до практичного заняття №2 з дисципліни «Безпека життєдіяльності та охорона праці», Київ 2012 – 8 с.
18. 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.
19. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту (дипломної роботи) освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» для студентів спеціальності 7.05130101 “Хімічні технології неорганічних речовин” хіміко-технологічного факультету. / Укладачі: проф. Астрелін І.М., доц. Супрунчук В.І., доц. Синюшкін О.М., доц. Концевой А.Л. - НТУУ «КПІ», 2013. – 83 с.