

**Міністерство освіти і науки України**  
**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА**  
**для здобувачів вищої освіти за спеціальністю**  
**161 – Хімічні технології та інженерія,**  
**освітньою програмою – Хімічні технології неорганічних речовин**

Затверджено на засіданні кафедри ТНРЕ  
Протокол № 7, від 25.02.2020 р.

**Одеса: ОНПУ, 2020**

Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія, освітньою програмою – Хімічні технології неорганічних речовин / Уклад. В.Я. Кожухар, Л.В. Іванченко, В.В. Брем. Одеса: ОНПУ, 2020. – 27 с.

Укладачі: В.Я. Кожухар, д.т.н., професор  
Л.В. Іванченко, к.т.н, доцент  
В.В. Брем, к.х.н, доцент

*В.Я. Кожухар, Л.В. Іванченко, В.В. Брем. 161 – Хімічні технології та інженерія. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра.* В методичних вказівках описано структуру кваліфікаційної роботи магістра та надано рекомендації щодо виконання кожного розділу роботи та її оформлення. Методичні вказівки призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія, освітньою програмою – Хімічні технології неорганічних речовин.

## ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ .....	3
2. ОБ'ЄКТИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА .....	4
3. ТЕМАТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНИХ МАГІСТЕРСЬКИХ РОБІТ .....	4
3.1 Виробництво амоніаку .....	5
3.2 Виробництво нітратної кислоти .....	5
3.3 Виробництво мінеральних добрив та солей .....	5
3.4 Виробництво сульфатної кислоти .....	6
3.5 Технологія водопідготовки .....	6
3.6 Виробництво кальцинованої соди і лугів .....	6
4 СТРУКТУРА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА .....	6
5 ВКАЗІВКИ ДО РОЗРОБЛЕННЯ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ РОБОТИ .....	7
5.1 Зміст .....	7
5.2 Анотація .....	7
5.3 Вступ .....	7
5.4 Техніко-економічне обґрунтування .....	7
5.5 Фізико-хімічні основи виробництва та вибір схеми виробництва .....	8
5.6 Характеристика сировини, допоміжних матеріалів, продуктів виробництва .....	9
5.7 Опис технологічної схеми виробництва .....	9
5.8 Матеріальний та енергетичний розрахунки .....	9
5.9 Конструктивні розрахунки та вибір технологічного обладнання .....	11
5.10 Автоматизація виробничих процесів .....	12
5.11 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	12
5.12 Охорона навколишнього середовища .....	12
5.13 Висновки .....	13
5.14 Список використаних джерел .....	13
5.15 Додатки .....	14
6 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ .....	14
7 КЕРІВНИЦТВО І КОНСУЛЬТАЦІЇ, ЗАХИСТ РОБОТИ .....	16
8 ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	16
8.1 Навчальні посібники та підручники .....	16
8.2 Методичні вказівки .....	19
ДОДАТКИ .....	21
Додаток 1. Титульний лист кваліфікаційної роботи магістра .....	21
Додаток 2. Завдання на кваліфікаційну роботу .....	22

Додаток 3. Завдання на розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях .....	24
Додаток 4. Анотація .....	25

## 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Відповідно до освітньо-професійної програми "Хімічні технології неорганічних речовин" [<https://drive.google.com/file/d/1ntMAXycvbP25GudbJsSFYBL7iOoNXUAu/view>] другого (магістерського) рівня вищої освіти здобувачі набувають загальні та спеціальні компетентності і розвивають професійні і творчі здібності для системного вирішування проблем в галузі хімічних технологій та інженерії, пов'язаних з виробництвом неорганічних речовин, виконання роботи інноваційного характеру, приймання ефективних організаційно-управлінських рішень.

Магістри з хімічних технологій неорганічних речовин мають бути фахівцями, здатними розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми, пов'язані з розробкою, виробництвом та дослідженням хімічних речовин, матеріалів та виробів на їх основі а також відповідних технологічних процесів в хімічній промисловості, пов'язаних з виробництвом неорганічних речовин.

Магістр з хімічних технологій неорганічних речовин підготовлений для роботи в науково-дослідних інституціях і лабораторіях, на підприємствах, які займаються дослідженням, виробництвом і експлуатацією неорганічних речовин і матеріалів, у тому числі адміністративних, контрольно-інспекційних організаціях та закладах вищої освіти всіх форм власності.

Атестація здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія, освітньою програмою – Хімічні технології неорганічних речовин проводиться у формі захисту кваліфікаційної магістерської роботи та завершується виданням документів встановленого зразка про присудження йому ступеня магістра з присвоєнням кваліфікації: магістр з хімічних технологій та інженерії, хімічних технологій неорганічних речовин. Атестація здійснюється відкрито і публічно.

Мета і завдання виконання кваліфікаційної роботи такі:

- систематизація, закріплення та розширення теоретичних і практичних знань;
- розвиток навичок проведення самостійних теоретичних та експериментальних досліджень;
- встановлення відповідності рівня підготовки здобувача вищої освіти вимогам освітньої програми, його готовності та спроможності до самостійної роботи за спеціальністю, що передбачає застосування певних теорій та методів хімічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов, принципів їх реалізації в сучасних комп'ютерних програмно-обчислювальних комплексах з урахуванням екологічної безпеки.

Кваліфікаційна робота призначена для систематизації, закріплення та розширення теоретичних та практичних знань з спеціальності для їх використання під час вирішення конкретних наукових, технічних, економічних та виробничих питань. Здобувач повинен продемонструвати самостійне застосування одержаних знань під час вирішення конкретної наукової або виробничої задачі, вміння користуватися спеціальною і довідковою літературою, аналізувати та узагальнювати передовий досвід роботи промисловості та найновіші досягнення науки і техніки в процесі опрацювання конкретного завдання.

Виконання кваліфікаційної роботи магістра здійснюється здобувачем самостійно після проходження переддипломної практики за індивідуальним завданням у відповідності до календарного плану у 3 семестрі під керівництвом викладача кафедри.

Необхідно пам'ятати, що за прийняті у роботі технічні рішення, правильність обчислювань, оформлення роботи відповідає автор роботи.

Керівник перевіряє, затверджує роботу, складає письмовий відгук на неї. Після успішного "малого" захисту на кафедрі здобувач отримує направлення до рецензента. Завідувач кафедри допускає студента до захисту, що відмічає на аркуші завдання до роботи. Рецензентові дають переплетену кваліфікаційну роботу. Рецензент передає на кафедру рецензію з завіреним

підписом не пізніше, ніж за два дні до захисту. Після рецензування зміни у роботі не допускаються.

Кваліфікаційна робота магістра захищається публічно на засіданні атестаційної комісії та повинна бути обов'язково перевірена на плагіат.

## **2. ОБ'ЄКТИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА**

Об'єктами кваліфікаційної магістерської роботи можуть бути:

1. Діючі виробництва (реконструкція цеху, відділення, ділянки для збільшення випуску продукції, підвищення продуктивності праці, інтенсифікація виробництва або зниження собівартості);

2. Нові виробництва (цех, відділення, дільниця).

Тематика магістерських робіт щорічно визначається профільною кафедрою на основі результатів НДР, пропозицій підприємств, кафедри та організацій переддипломної практики.

Завдання на кваліфікаційну магістерську роботу звичайно зв'язане з виробництвом, на якому студент проходив переддипломну практику.

Теми та керівники робіт затверджуються наказом ректора.

Вихідним документом на виконання роботи є "Завдання на кваліфікаційну роботу магістра". Воно складається керівником роботи. У ньому зазначають вихідні речовини та кінцева продукція, продуктивність установки, ділянки або відділення. Звичайно проектують установку продуктивнішу, ніж існуюча, з урахуванням найновіших досягнень науки та техніки і потреби ринку у даній продукції.

Виробництво, що проектується, повинно відрізнятися від діючого деякими новачками, їми можуть бути:

1) удосконалення технологічної схеми або окремих її вузлів;

2) заміна існуючого обладнання досконалішим;

3) використання більш дешевої сировини та матеріалів;

4) використання нових матеріалів та захисних покриттів;

5) поліпшення умов праці шляхом механізації трудомістких процесів;

6) поліпшення якості продукції;

7) зниження витрат праці;

8) введення інших заходів, що забезпечують підвищення рентабельності виробництва, охорони навколишнього середовища та інше.

## **3. ТЕМАТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНИХ МАГІСТЕРСЬКИХ РОБІТ**

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 161 "Хімічні технології та інженерія", освітньої програми "Хімічні технології неорганічних речовин" може мати експериментальний або розрахунковий характер та повинна відобразити компетентності та результати навчання відповідно до освітньо-професійної програми "Хімічні технології неорганічних речовин". Кваліфікаційна робота показує рівень знань здобувача у галузі дисциплін закінченого етапу підготовки магістра та вміння використати знання для вирішення поставлених завдань.

Кваліфікаційна робота магістра може бути присвячена:

– вивченню фізико-хімічних особливостей хіміко-технологічних процесів (ХТП);

– опрацюванню технологічних схем або замкнених технологічних циклів та їх апаратного оформлення;

– методам розрахунків технологічних схем та апаратів;

– розробкам методів аналітичного контролю складних технологічних циклів;

– питанням перероблення відходів як вторинних матеріальних ресурсів у цільовий продукт, що є основою створення маловідхідних екологічних виробництв та технологічних циклів;

– вивченню фізико-хімічних особливостей схем газо- та водоочищення;

- удосконаленню технологічної схеми або окремих її вузлів;
- заміна існуючого обладнання ефективнішим;
- використанню більш дешевої сировини та матеріалів.

Найчастіше робота включає одну із технологічних стадій виробництва основної хімічної промисловості:

1. Технологію зв'язаного азоту (синтез амоніаку і нітратної кислоти).
2. Технологію мінеральних добрив і солей
3. Технологію сульфатної кислоти і сірки.
4. Технологію води.
5. Технологію кальцинованої соди, лугів і глинозему.

### **3.1 Виробництво амоніаку**

- Первинний риформінг природного газу в трубчастому реакторі.
- Вторинний риформінг природного газу в шахтному конверторі.
- Конверсія карбон (II) оксиду.
- Карсольне очищення газу від карбон (IV) оксиду.
- Тонке очищення синтез-газу у метонаторі.
- Стадія синтезу амоніаку.
- Очищення відхідного газу і виділення амоніаку після синтезу.
- Загальні балансові розрахунки системи синтезу амоніаку.
- Гідрування природного газу і очищення його від сполук сульфуру.
- Регенерація розчину "Карсол" після очищення газу.

### **3.2 Виробництво нітратної кислоти**

- Окиснення амоніаку у виробництві нітратної кислоти.
- Розрахунок контактного апарату у виробництві нітратної кислоти під атмосферним тиском.
- Розрахунок газового холодильника у виробництві нітратної кислоти під атмосферним тиском.
- Лужна абсорбція нітрогену оксидів у виробництві нітратної кислоти під атмосферним тиском.
- Розрахунок зрошення абсорбційної колони у виробництві нітратної кислоти під тиском 0,73 МПа.
- Розрахунок холодильника-конденсатора у виробництві нітратної кислоти під тиском 0,73 МПа.

### **3.3 Виробництво мінеральних добрив та солей**

- Синтез амоній карбамату у конденсаторі високого тиску у виробництві карбаміду.
- Розкладання амоній карбамату у колоні синтезу карбаміду.
- Стріпінг-процес у виробництві карбаміду.
- Стадія рециркуляції у виробництві карбаміду
- Концентрування розчинів карбаміду у випарних апаратах.
- Стадія грануляції у виробництві карбаміду.
- Стадія абсорбції у виробництві карбаміду.
- Стадія десорбції і гідролізу у виробництві карбаміду.
- Операційного відділення цеху простого суперфосфату.
- Стадії нейтралізації і грануляції цеху гранульованого суперфосфату.
- Стадія сушки у виробництві гранульованого суперфосфату.
- Виробництво амонізованого суперфосфату.

- Очищення відхідних газів у виробництві суперфосфату
- Стадія нейтралізації цеху амонійної селітри.
- Виробництво калійних добрив з полімінеральних руд Прикарпаття.
- Стадія рафінування міді у виробництві мідного купоросу.
- Стадія натравлення у виробництві мідного купоросу.
- Стадії грануляції і сушки у виробництві мідного купоросу.
- Стадії одержання та сушки кріоліту.

### 3.4 Виробництво сульфатної кислоти

- Стадія випалення сірчаного колчедану в печах типу "КШ".
- Стадія одержання сірчистого газу в печі СЭТА–Ц–200.
- Каталітичне окиснення сульфур (IV) оксиду у виробництві контактної сульфатної кислоти.
- Розрахунок сушильної башти контактної сульфатнокислотної системи.

### 3.5 Технологія водопідготовки

- Передочищення води в спосіб реагентного осадження
- Пом'якшення води в спосіб Na-катіонування.
- ОН-аніонування технічної води
- Очищення води на фільтрах змішаної дії.
- Технологія одержання води питної якості
- Очищення води методом ультрафільтрації
- Демінералізація води в спосіб зворотного осмосу
- Глибоке знесолення води в спосіб електродеіонізації

### 3.6 Виробництво кальцинованої соди і лугів

- Очищення сирого розсолу у виробництві кальцинованої соди в амонійно-хлоридний спосіб.
- Стадія абсорбції у виробництві кальцинованої соди.
- Стадія кальцинації з використанням безретурних содових печей.
- Парова кальцинація у виробництві кальцинованої соди в амонійно-хлоридний спосіб.
- Випалювання вапняку у виробництві кальцинованої соди.

## 4 СТРУКТУРА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

Кваліфікаційна робота бакалавра повинна бути обсягом 70...100 сторінок та включати не менш чотирьох аркушів графічної частини. Нумерація сторінок починається з титульного листа та проставляється на всіх аркушах роботи, крім першого.

Кваліфікаційна робота містить:

1. Титульний лист (додаток 1)	1
2. Зміст	2
3. Завдання на кваліфікаційну роботу (додаток 2)	1
4. Завдання на розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях (додаток 3)	1
5. Анотація (додаток 4)	1
6. Вступ	2...3
7. Техніко-економічне обґрунтування	2...8
8. Фізико-хімічні основи виробництва та вибір схеми виробництва	10...20
9. Характеристика сировини, допоміжних матеріалів, продуктів виробництва	3...5

10. Опис технологічної схеми виробництва	4...10
11. Матеріальний та енергетичний розрахунки	8...20
12. Конструктивні розрахунки та вибір технологічного обладнання	5...10
13. Автоматизація виробничих процесів	8...10
14. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	8...12
15. Охорона навколишнього середовища	2...4
16. Висновки	1...2
17. Перелік використаних джерел	1...2
18. Додатки	від 4

Можливі інші розділи та обсяги.

Графічна частина кваліфікаційної роботи складається з листа з фізико-хімічними основами виробництва, креслення технологічної схеми, креслення основного апарату та схеми автоматизації. Можливі додаткові листи з кресленнями, таблицями, графіками тощо. Всі креслення виконують у графічному редакторі в форматі А1 та роздруковують у форматі А4 та наводять у додатках.

З керівниками кваліфікаційної роботи магістра попередньо погоджується:

- продуктивність відділення або основного апарату;
- характеристика сировини, реагентів, напівпродуктів та вихідного продукту;
- технологічні особливості методів, схем, установок, комплексів, виробничих циклів;
- питання ресурсозбереження, тобто можливості перероблення вторинних матеріальних ресурсів у цільовий продукт;
- енергозбереження установок, схем, виробничих циклів та можливість використання вторинних енергоресурсів.

## **5 ВКАЗІВКИ ДО РОЗРОБЛЕННЯ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ РОБОТИ**

### **5.1 Зміст**

Включає назви всіх розділів з зазначенням сторінок. Титульний аркуш вважається першим.

### **5.2 Анотація**

Анотація українською та англійською мовами включає характеристику теми роботи, мету роботи та її результати. У ній стисло формулюють основні особливості виконаної роботи з технології та апаратурного оформлення, підкреслюють оригінальні технічні рішення, нові методи розрахунку. Виділяють ключові слова. Обсяг – до 500 знаків.

### **5.3 Вступ**

У вступі до кваліфікаційної роботи магістра характеризуються актуальність та доцільність завдання, що ставиться у ньому. Зазначається місце установки, що проектується, у системі виробництва. Оцінюється стан ринку за продукцією, що виробляється на установці. Розділ не має порядкового номеру

### **5.4 Техніко-економічне обґрунтування**

У розділі надається обґрунтування необхідності інтенсифікації даного виробництва, виходячи з економічних міркувань:

- збільшення потужності виробництва з метою підвищення продуктивності праці та зниження собівартості продукції;

– удосконалення технології з метою підвищення якості продукції, раціонального використання сировини, підвищення безпеки та поліпшення умов праці, охорони навколишнього середовища;

– випуск нової продукції, що має перспективу реалізації на ринку;

– інші причини економічного характеру.

Необхідно зробити оцінку інженерних рішень, чітко розмежувати форми відтворення коштів виробництва – технічне переозброєння, реконструкцію або нове будівництво (розширення).

Технічне переозброєння є комплексом заходів, що розробляють щорічно за планом технічного розвитку виробництва. В процесі технічного переозброєння впроваджують нову техніку, технологію, здійснюють механізацію та автоматизацію виробничих процесів, проводять модернізацію та технічне удосконалення машин та обладнання. Обновлюють тільки активну частину основних фондів.

Реконструкція є одноразовою повною або частковою перебудовою виробництва за спільним планом без будівництва нових та розширення діючих цехів основного виробництва. Переобладнають основні цехи з заміною морально застарілого та фізично зношеного обладнання, впровадженням прогресивної технології, усуненням вузьких місць. Під час реконструкції обновлюють не тільки активні, а і частину пасивних основних фондів.

Реконструкція забезпечує зріст техніко-економічних показників виробництва з меншими затратами та у більш короткі терміни, ніж у разі будівництва нових та розширення діючих підприємств.

Нове будівництво стає важливим напрямком відтворення основних фондів для впровадження принципово нових науково-технічних досягнень.

Обсяги виробництва продукції збільшують в основному за рахунок перших двох форм на базі впровадження агрегатів великої одиничної потужності, безперервних одностайних технологічних процесів, екологічно чистих та маловідходних технологій, подальшої інтенсифікації хіміко-технологічних процесів.

Завданням техніко-економічного обґрунтування стає встановлення технічної можливості та економічної доцільності будівництва, реконструкції, розширення, переозброєння об'єкту на визначену проектну потужність. Належить показати вплив пропонованих технічних рішень на основні техніко-економічні показники: якість продукції, продуктивність праці, собівартість продукції, експлуатаційні та капітальні витрати, строк окупності капітальних вкладень. За необхідністю наводять розрахунки основних техніко-економічних показників.

## **5.5 Фізико-хімічні основи виробництва та вибір схеми виробництва**

У цьому розділі доводиться вміння здобувача користуватися науково-технічною літературою в галузі своєї спеціальності.

Схему виробництва обирають на підставі критичного розгляду існуючих методів виробництва. Аналізувати, однак, належить лише ті способи одержання продукту, які мають промислове значення або є цікавими для майбутнього. Після загального огляду методів виробництва продукту докладно описується вибраний метод, його позитивні та негативні сторони.

Теоретичні основи процесів та стадій виробництва можуть включати:

– механізм реакції або закономірності фізичних процесів;

– константи швидкості реакції;

– вплив умов на вихід та якість одержуваного продукту (температура, тиск, тип каталізатору, співвідношення реагентів);

– термодинамічні умови процесу (константи рівноваги, пружність пару);

– теплові ефекти основних та побічних реакцій.

Конкретні дані, у тому числі – таблиці, графіки, номограми – належить приводити з посиланнями на джерело інформації.



## **5.6 Характеристика сировини, допоміжних матеріалів, продуктів виробництва**

Цей розділ пояснювальної записки містить: технічні умови (ДСТУ, ТУ та ін.) на сировину, допоміжні матеріали (катализатор, розчинники та ін.) та готові продукти виробництва, що проектується. Коли сировиною або продуктом постає проміжний продукт багатоступеневого синтезу, не регламентованого вимогами стандарту, необхідно привести якісний та кількісний склад цього продукту з зазначенням на припустимі межі окремих величин, описати фізико-хімічні властивості сировини, допоміжних та кінцевих продуктів, що використовують у технологічному процесі. Характеризують також їх токсичність, корозійну активність, пожежно- і вибухонебезпечність. Наводячи фізико-хімічні величини, необхідно дати посилання на джерело інформації.

## **5.7 Опис технологічної схеми виробництва**

Опис технологічної схеми призначений для читання креслення цієї схеми, упорядкування регламенту виробництва. У ньому викладається послідовність виробничих операцій, схема переходу оброблюваних матеріалів з апарату у апарат та зазначаються умови регулювання процесу, температура, тиск та інше.

Спочатку належить охарактеризувати всі види сировини, яка надходить на виробництво, спосіб транспортування, термін зберігання, первинної обробки, дозування та завантаження у апарати. Під час опису технологічних операцій, що проводяться у окремих апаратах, стисло повідомляється про конструкції апарату, способи завантаження сировини та відведення продуктів перероблення, а також про суттєвість процесу, який перебігає. Зазначається спосіб проведення процесу (періодичний, безперервний, циклічний), перераховуються основні параметри процесу (тиск, температура, витрати та інше), методи його контролю та регулювання.

Треба описати також міжопераційні способи транспортування (переток, перекачування, злив, тощо) реакційних мас, сумішей, допоміжних матеріалів, відходів та готових продуктів з обов'язковим зазначенням направлення потоку (у апарат №..., у атмосферу, в каналізацію, на спалювання і т. ін.). У записці треба відзначити призначення всіх наявних на кресленні апаратів з зазначенням наданих ним на схемі номерів.

Після опису технологічної схеми треба відзначити вузькі місця існуючого виробництва, освітити раціональні зміни, які внесено у технологію виробництва, що проектується. Належить стисло показати, що надає те або інше нововведення з погляду поліпшення процесу технології, підвищення виходу продукції, зменшення витрат дорогих матеріалів, енерговитрат, забруднення навколишнього середовища і т. д. Зміни вносять на підставі літературних матеріалів, досліду роботи підприємств, технологічних розробок самого студента.

## **5.8 Матеріальний та енергетичний розрахунки**

Завданням розрахунку матеріального балансу є визначання кількості сировини, матеріалів, продуктів та відходів виробництва вибраної продуктивності. На підставі одержаних даних виконують розрахунок та вибір технологічного обладнання за ємкісними характеристиками.

Розрахунки треба вести на основі стехіометричних рівнянь хімічних реакцій та законів кінетики. Іноді через недостатність знань доводиться користуватися емпіричними даними (експериментальними або виробничими).

Матеріальний баланс ґрунтується на законі збереження матерії, згідно якому кількість речовин, яка переробляється, у виробничому процесі, (витрата), повинна дорівнювати кількості здобутих у результаті перероблення продуктів (прихід).

Для періодичних процесів результати розрахунку матеріального балансу за апаратом або стадією технологічного процесу зводять у таблицю:

Прихід			Витрата		
Найменування потоку	Маса		Найменування потоку	Маса	
	кг/год	%		кг/год	%
<b>Всього</b>			<b>Всього</b>		

Належить розрізняти матеріальний баланс хімічного процесу (хімічні реакції) та технологічної операції (абсорбція, фільтрація, дистиляція і ін.).

У першому випадку змінюється хімічний склад матеріалів, що переробляються. При цьому за стехіометричним співвідношенням хімічної реакції встановлюється теоретичний вихід продукту. Фактичний же вихід одержуваного продукту підраховують після виявлення втрат продукту внаслідок побічних реакцій, осмолення і ін.

Якщо відомі виходи за окремими стадіями, то загальний вихід на виробництві буде дорівнювати добутку виходів на стадіях.

Для виробничих операцій, у яких переважають фізичні процеси, необхідно розрахунком установити яка кількість продукту за даних умов залишається у лишку, а яка знову повертається у процес. Необхідно також ураховувати механічні втрати (втрати газів та пари крізь нещільності, втрати під час транспортування та зберігання).

Якщо відомі виходи з окремих стадій, то загальний вихід виробництва дорівнює добутку виходів за стадіями.

Матеріальний баланс безперервного процесу є потоковим (кмоль/рік, т/рік). Він розраховується також на тону готового продукту або на одиницю маси вихідної сировини.

Точність розрахунку матеріального балансу у деяких випадках може бути обмежена у випадку розрахунку на всю продуктивність установки значенням 0,1 кг чи навіть округлятися до цілих.

Належить уникати багаторазового повторення однотипних дій. Оригінальні складні розрахунки належить описувати докладніше.

Для складних технологічних процесів, особливо з рециркуляцією, належить скласти схему матеріальних потоків. Вона виконується на основі технологічної схеми та включає тільки ті стадії та процеси, в яких відбуваються кількісні та якісні зміни матеріальних потоків.

За допомогою матеріальних розрахунків виділяють також кількості та склад відходів (стічних вод, газових викидів, шламів) на тону чистої продукції. Ці відомості необхідні для вирішення питань з способів утилізації, знешкодження або знищення.

Якщо у виробництві, що проектується, є процеси, які супроводжуються великим виділенням (поглинанням) енергії, і вони визначають як технологію, так і апаратуру, можна виділити розділ "Енергетичні розрахунки". За допомогою таких розрахунків у процесах окисації, піролізу, дегідрування вуглеводнів та інших можна, наприклад, визначити співвідношення реагуючих компонентів або кількість перегрітої пари (конденсату) для підтримання оптимальної температури у адіабатичному реакторі.

Енергетичні баланси основних апаратів виконують з використанням виробничих та наукових даних. На їх основі визначають витрати пари, води, палива і електроенергії.

Тепловий розрахунок апаратів звичайно завершують проектним або перевірним розрахунком поверхні теплообміну за вжитих умов передачі тепла.

Тепловий баланс апаратів періодичної дії належить розраховувати для кожної операції робочого циклу. Справжню поверхню теплообміну приймають з запасом 20...50 %.

У разі розрахунку апаратів з різними механічними пристроями необхідно визначити витрату електроенергії, що витрачається двигуном електроприладу.

Розрахунки кінетики проводять з метою визначання необхідних реакційних об'ємів, завантаження каталізатору та ін.

## 5.9 Конструктивні розрахунки та вибір технологічного обладнання

В цьому розділі кваліфікаційної роботи бакалавра приводять проектні або перевірені розрахунки основного апарату технологічної схеми. У випадку реконструкції діючих виробництв, у першу чергу, визначають можливість використання наявного основного апарату, потім за необхідністю розробляють необхідні зміни його конструкції і проектують додаткове обладнання. В кінці розділу поміщають коротку характеристику всього технологічного обладнання схеми із зазначенням використаних без змін, а також нових та змінюваних апаратів.

Проектування обладнання виконується в два етапи – технологічний розрахунок та конструювання.

У технологічному розрахунку треба визначити для нормалізованого обладнання тип та потрібну кількість апаратів, для нестандартних апаратів – їх кількість та конструктивні розміри. Обов'язково здійснюють перевірки, що підтверджують можливість експлуатації апарату в заданому режимі з необхідною продуктивністю: для апаратів із мішалками перевіряють виконання умов нормальної роботи мішалок за вибраного заповнення; для проточних апаратів перевіряють їх гідравлічну опірність; у реакторах оцінюють відповідність гідродинамічного режиму вибраної розрахункової моделі; у апаратах з теплопередавальними поверхнями перевіряють розмір поверхні та режим теплопередачі. На етапі конструювання здійснюють розрахунок корпусу на міцність та креслення апаратів.

Під час проектування обладнання необхідно враховувати сучасні напрямки розвитку в машинобудуванні: інтенсифікація, збільшення одиничної потужності, підвищення надійності та рівень стандартизації. У випадку збільшення продуктивності схеми належить йти не шляхом простого збільшення кількості апаратів, а обирати нове, інтенсивніше та досконаліше обладнання з більшою одиничною потужністю. Такий шлях модернізації виробництва дозволяє поліпшити його техніко-економічні показники.

Важливим критерієм під час проектуванні обладнання постає його надійність, тобто гарантія безперебійної роботи впродовж встановленого терміну. Один із способів забезпечення надійності укладається в використанні запасу продуктивності. Розрахункова продуктивність повинна на 10...15 % перевищувати задану.

Основним апаратом у хіміко-технологічних виробництвах, звичайно, вважається реактор. Під час проектування відділень розділення сумішей як основний апарат вибирають колонні апарати – ректифікаційні колони, абсорбери, десорбери, екстрактори та інше.

Опис розрахунків апарату треба починати з:

- технічної характеристики, що містить: призначення в схемі, робочі параметри, основні конструктивні розміри та ін. відомості, які використовують під час розрахунків;
- розрахункової схеми або ескізу, що ілюструють конструкцію;
- чіткого визначення проектних задач, тобто цілі розрахунків.

Методики технологічних розрахунків специфічні для кожного типу апаратів (реактори безперервні чи періодичні, емкісні апарати з мішалками, ректифікаційні колони і ін.). Їх викладають в дисциплінах "Обладнання хімічних виробництв", "Процеси та апарати хімічних виробництв".

На них ґрунтуються методи моделювання з використанням математичних моделей [3, 5-8] та наближеного моделювання з використанням теорії подібності та параметрів модельних (діючих) виробничих чи дослідних апаратів. Надійніші результати вдається отримати в процесі математичного моделювання а наближене моделювання (масштабність) дозволяє розраховувати різні апарати, не маючи їх надійних моделей або програмних розрахункових модулів.

Належить пам'ятати, що можливості метода масштабування часто обмежені, бо у разі масштабного переходу до апаратів великих розмірів не вдається дотримати усі види подібності

процесів та їх параметри змінюються. Краще інших, з прийнятною погрішністю за коефіцієнту масштабування 20 та більше, можна масштабувати апарати з мішалками.

Основи проектування реакторів викладено у спеціальних підручниках. Наведено численні приклади розрахунків часу контакту, кількості каталізатору та розмірів реакторів зі стаціонарним шаром каталізатору, що працюють у ізотермічному або адіабатичному режимах, з псевдозрідженим шаром каталізатору, періодичних реакторів з мішалками. У підручниках наводять спеціальні методики та приклади розрахунків реакторів різних типів, що використовують у промисловості для здобування речовин.

Розрахунок реактора виконують у визначеній послідовності. Спочатку визначають потрібну ємність (об'єм) реакційної зони, а потім для вибраної конструкції знаходять конструктивні розміри.

В проектуванні слід використати оптимальний час перебування з літератури по технології, яка узагальнює експериментальні дані та досвід експлуатації виробництв, або розрахувати його, користуючись математичною моделлю реактора одним з методів оптимізації. У мережі ХТФ є програми для виконання на ЕОМ розрахунку умовного часу перебування для трубчастого та поличного каталітичних реакторів окисації метанолу в формальдегід, адіабатичних реакторів глибокого окислення органічних речовин у суміші з повітрям.

Далі для вибраної конструкції апарату з урахуванням загальноприйнятих або заданих обмежень розраховують розміри реакційної зони, корпусу реактора та інших елементів його конструкції. При цьому обов'язково перевіряють можливість експлуатації у проектному режимі, для чого виконують тепловий та гідравлічний розрахунки. У тепловому розрахунку використовують рівняння теплового балансу, основне рівняння теплопередачі і ін.

Для виділення цільового продукту у результаті розділення рідких неоднорідних систем під дією відцентрових сил у виробничій практиці користуються центрифугами. Технологічний розрахунок центрифуг зводиться до визначання їх продуктивності. Індекс продуктивності визначається для центрифуг різних типів за відповідними формулами.

Повна витрата енергії на центрифугування складається з різних витрат: на передавання суспензії кінетичної енергії, на подолання шкідливих опорів та ін.

## **5.10 Автоматизація виробничих процесів**

У розділі показують необхідність контролю параметрів об'єкту, що проектується, та вибір засобів регулювання та автоматизації. Графічна частина складається із схеми КПП і автоматики та специфікації на вимірювальну та регулювальну апаратуру одного з вузлів, частіше всього реактору. Розділ виконують відповідно до методичних вказівок.

## **5.11 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**

Перед началом виконання кваліфікаційної роботи магістра студент узгоджує з консультантом завдання на виконання цього розділу.

Розділ розробляють відповідно до методичних вказівок. Питання розглядаються стосовно до конкретних умов теми роботи, не допускаючи загальних міркувань та переписування правил та інструкцій.

За рекомендацією консультанта для одного з видів небезпек чи шкідливостей проводять детальну розроблення заходів з необхідними розрахунками та складанням схеми. Також проводять розрахунок наслідку надзвичайної ситуації за завданням консультанта.

## **5.12 Охорона навколишнього середовища**

В цьому розділі проводять оцінку впливів існуючої або проектуємої діяльності промислового об'єкту на оточуючу техногенну середу та пропонують заходи з забезпечення нормативного стану навколишнього середовища, включаючи розрахунки з нормування,

моніторинг території зон впливу діяльності промислового об'єкту, систему відновних та компенсаційних заходів, а також вирішують конкретні інженерні завдання, пов'язані з проектуванням та технологічними розрахунками очисних установок або технологічних циклів, розвивають основи створення замкнених, безвідхідних та маловідходних виробництв, що є активною формою захисних заходів з охорони довкілля.

### 5.13 Висновки

В цьому розділі необхідно надати короткі висновки про виконану роботу, показати все нове та цінне, що зроблено під час виконання кваліфікаційної роботи магістра, результати проведених розрахунків, виводи щодо ефективності виконаної роботи.

Висновки є коротким підсумком усієї роботи та тому повинні бути чіткими та ясними.

### 5.14 Список використаних джерел

У кінці пояснювальної записки належить привести список використаної літератури. До неї слід включати тільки ті джерела, на які надано посилання в тексті пояснювальної записки. Номер джерела в тексті записки поміщають у квадратні дужки та він відповідає порядковому номеру джерела в списку літератури, який складається таким чином:

Характеристика джерела	Приклад оформлення
Книги: Один автор	Яворський В.Т. Технологія сірки і сульфатної кислоти: Підручник / В.Т. Яворський. – Львів: Вид-во Національного універ-ту «Львівська політехніка», 2010. – 404 с.).
Два автори	Суберляк О. В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. В. Суберляк, П. І. Баштанник. – Львів : Растр-7, 2007. – 375 с.
Три автори	Іванченко Л.В. Хімія і технологія води : навчальний посібник / Л.В. Іванченко, В.Я. Кожухар, В.В. Брем. – Одеса : Екологія, 2017. – 212 с.
Чотири автори	Методика нормування ресурсів для виробництва продукції рослинництва / [Вітвіцький В. В., Кисляченко М. Ф., Лобастов І. В., Нечипорук А. А.]. – К. : НДІ "Укragропромпродуктивність", 2006. – 106 с.
П'ять і більше авторів	Процессы и аппараты химической технологии: Учебник. Часть 2 / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, А.П. ГОТЛИНСКАЯ, В.А. ЛЕЩЕНКО [и др.]. – Харків: Вид-во «Підручник НТУ ХП», 2005. – 532 с.
Депоновані наукові праці	Социологическое исследование малых групп населения / В. И. Иванов [и др.] ; М-во образования Рос. Федерации, Финансовая академия. – М., 2002. – 110 с. – Деп. в ВИНТИ 13.06.02, № 145432.
Стандарти	1. Графічні символи, що їх використовують на устаткуванні. Показчик та огляд (ISO 7000:2004, IDT) : ДСТУ ISO 7000:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України 2006. – IV, 231 с. – (Національний стандарт України). 2. Якість води. Словник термінів : ДСТУ ISO 6107-1:2004 – ДСТУ ISO 6107-9:2004. – [Чинний від 2005-04-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 181 с. – (Національні стандарти України).

Електронні ресурси	Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті : (підсумки 10-ї Міжнар. конф. „Крим-2003”) [Електронний ресурс] / Л. Й. Костенко, А. О. Чекмарьов, А. Г. Бровкін, І. А. Павлуша // Бібліотечний вісник — 2003. — № 4. — С. 43. — Режим доступу до журн. : <a href="http://www.nbu.gov.ua/articles/2003/03klinko.htm">http://www.nbu.gov.ua/articles/2003/03klinko.htm</a> .
--------------------	--

Відомості про іноземні книжки та журнали оформлюють на мові оригіналу. Джерела мають наскрізну нумерацію та зводяться у тієї послідовності, в якій вони зустрічаються в записці.

### 5.15 Додатки

В додатках обов'язково повинна бути наведена графічна частина кваліфікаційної роботи. Крім того, можна навести рисунки, таблиці. Всякі додатки треба починати з нового листа. Додаток повинен мати змістовний заголовок. Рисунки та таблиці слід нумерувати.

## 6 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

Текст роботи друкується с полуторним інтервалом (шрифт – Times New Roman 14 пт., вирівнювання по ширині) з полями: верхнє – 2 см, нижнє – 2 см, ліве – 2,5 см, праве – 1,0 см. Абзаци виділяють відступом тексту на 1,25 см. Переноси вручну не ставити.

Розділи кваліфікаційної роботи починають із нового аркуша.

Назву розділу записують у вигляді заголовка в верхній частині аркуша (шрифт – Times New Roman 14 пт., напівжирний, регістр – всі ПРОПИСНІ, вирівнювання по центру) без крапки. Розділи нумерують арабськими цифрами, після номера крапка не ставиться.

"Вступ" та "Висновки" не нумерують.

Посилання на літературу оформляються у квадратних дужках і проставляються по тексту після згадування джерела.

Посилання на формули, що зустрічаються по тексту, виконують у круглих дужках (наприклад: (1.2) або (1.3), (2.1) або (1.1)...(1.4)).

Чисельні інтервали значень, що зустрічаються в тексті, пишуться через три крапки без пробілів між крапками й цифрою (наприклад: 150...160 °С; 3...8 мм;), у посиланнях на кілька формул, (наприклад: (1.1)...(1.4)); у посиланнях на кілька джерел літератури (наприклад: [1...4]); у річних проміжках (наприклад: в 20...30 р., в 2005...2018 р.).

Розмірність цифрових значень пишеться через фіксований пробіл після цифри (наприклад: 5 мм, 100 %, 14,4 МПа).

Формули – набираються тільки у редакторі формул Microsoft Equation 3.0, який входить до комплекту поставки MS Word (не використовувати убудований редактор формул для MS Word 2007 та вище). Накреслення змінних, функцій, постійних і цифр – як в основному тексті пояснювальної записки. Для цього в кожній набраній формулі, використовуючи інструменти Microsoft Equation, додати тої або інший змінної й функції стиль, накреслення якого відповідає вимогам (шрифт – Times New Roman 14 пт.).

Розшифрування змінних формули оформляється у вигляді списку, кожна змінна з нового абзацу. Перед першою змінною пишеться слово "де", між змінною й розшифруванням ставиться тире.

Приклад оформлення формул:

$$Q_n = G_T \cdot \bar{c}_T \cdot (T_T^{\text{поч}} - T_T^{\text{кінц}}), \quad (1.5)$$

де  $G_T$  – маса теплоносія;

$\bar{c}_T$  – середня теплоємність теплоносія;

$T_T^{\text{поч}}$ ,  $T_T^{\text{кінц}}$  – початкова і кінцева температури теплоносія.

Всі формули нумеруються арабськими цифрами в межах розділу. Номер складається з номера розділу й порядкового номера формули, розділених крапкою, що вказують із правої сторони аркуша на рівні формули в круглих дужках. Не слід повторювати ті самі формули або хімічні рівняння в різних розділах проекту, привласнюючи їм нову нумерацію; досить послатися на існуючі номери.

Рисунки – діаграми і графіки створюються як вбудований об'єкт Microsoft, у якому і рисуються засобами Word, або в інших векторних редакторах і вставляються як відповідний об'єкт; фотографії вставляються як графічні файли у форматах: PCX, TIFF, GIF, BMP, JPEG (розрешення 600 тчк/дюйм).

Всі написи, що зустрічаються в рисунках, виконуються шрифтом Times New Roman і повинні відповідати вимогам, пропонованим до накреслення змінних, індексів і функцій по тексту й у формулах. Рисунки вставляються в текст після першого згадування.

Приклад оформлення рисунків:

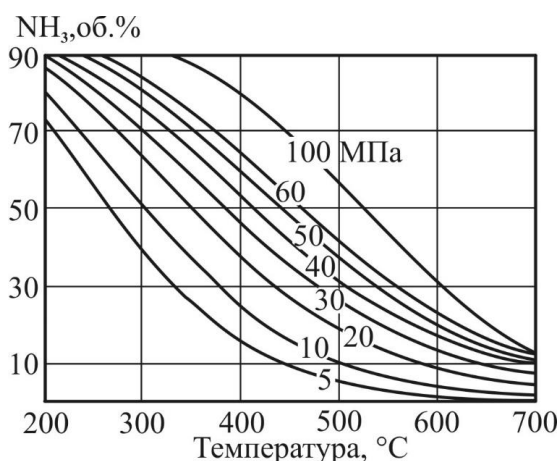
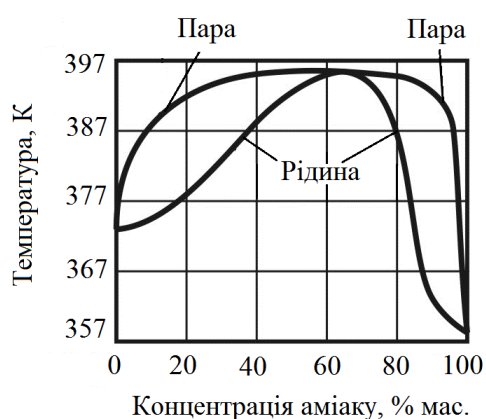


Рис. 5.11 – Діаграма кипіння системи  $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ .

Рис. 5.12 – Залежність рівноважних концентрацій амоніаку від температури та тиску синтезу

Для зручності викладу цифрові та інші дані рекомендується оформляти у вигляді таблиць. Таблиці набираються в MS Word і розташовуються по тексту після першого згадування або посилання на неї. Таблиці нумеруються в межах розділу й повинні мати тематичні заголовки.

Ставити лапки замість повторюваних цифр, знаків, одиниць, математичних і хімічних символів не допускається. Графи таблиць не повинні бути порожніми, за необхідністю ставиться прочерк. Числа в одній графі повинні мати однакову кількість десяткових знаків.

Приклад оформлення таблиць:

Таблиця 3.7 – Залежність рівноважного складу конвертованого газу від температури в процесі конверсії метану водяною парою

Т, К	Ступінь перетворення, %		Склад рівноважної парогазової суміші, % об.				
	$\text{CH}_4$	$\text{CO}$	$\text{CH}_4$	$\text{CO}$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
800	38,80	29,98	16,21	2,36	7,94	38,74	34,75
900	75,90	32,90	5,33	9,51	7,28	57,71	20,17
1000	94,98	24,84	1,02	14,32	5,07	63,23	16,36
1100	99,50	19,24	0,10	16,08	3,86	63,68	16,28

Графічна частина складається з листа фізико-хімічних основ виробництва, технологічної схеми процесу, креслення загального вигляду основного апарату з вузлами та схеми

автоматизації. Їх виконують за допомогою графічних редакторів в масштабі формату А1, друкують в форматі А4.

На технологічних схемах показують їх елементи – всі апарати у вигляді умовних зображень та лінії зв'язку – матеріальні потоки. Схеми виконують без дотримання масштабу і справжнього просторового розміщення апаратів, тим не менш, розмір зображень винен приблизно відображати співвідношення габаритних розмірів.

Зображення апарату повинно відображати принцип його дії і конструкції. Для низки апаратів і машин установлені стандартні принципіві умовні зображення. Це теплообмінні та колонні апарати, відстійники і фільтри, трубопроводи, трубопровідна арматура, насоси, вентилятори і компресори, апарати випарні і сушильні і інше. Для інших апаратів слід використовувати стандартне зображення корпусів і внутрішніх елементів машин і апаратів хімічних виробництв. На схемах звичайно поміщають додаткову текстову інформацію і таблиці технічних даних апаратів і потоків. Зовнішні потоки схеми повинні мати назву і відомості про їх спрямування (куди чи звідки). Їх виносять і закінчують за межами зображення схеми.

Креслення основного апарату виконують за загальними правилами технічного креслення. Разом з головним видом із подовжнім розрізом приводять додаткові плани, розрізи і січення, що дають повне наведення з конструкції і принципи дії апарату, а також технічні вимоги і іншу необхідну інформацію у вигляді таблиць, наприклад, таблицю з технічною характеристикою, таблицю штуцерів.

## **7 КЕРІВНИЦТВО І КОНСУЛЬТАЦІЇ, ЗАХИСТ РОБОТИ**

Керівник кваліфікаційної роботи магістра видає здобувачу завдання на роботу та зазначає, які розділи завдання розробити більш докладно, які розрахунки належить виконати, на що звернути увагу під час виконання роботи. Керівник здійснює загальний контроль за ходом виконання роботи і термінами її виконання, здійснює методичне і технічне керівництво.

Для захисту кваліфікаційної роботи здобувач повинен підготувати доповідь на 12...15 хвилин та презентацію роботи в редакторі Power Point.

В доповіді (і відповідно в презентації) необхідно коротко викласти завдання роботи, розповісти фізико-хімічні основи виробництва, технологічну схему установки, устрій та принцип роботи основного апарату та те нове, що впроваджено у роботі.

Кваліфікаційна робота магістра захищається публічно на засіданні атестаційної комісії.

Загальну оцінку кваліфікаційної роботи магістра виставляють на підставі результатів захисту роботи, с врахуванням відзиву рецензента, характеристики керівника роботи та таких показників:

- постановка завдання, актуальність та обґрунтованість тематики;
- рівень аналізу технічної літератури з теми роботи і володіння теоретичними питаннями;
- вибір та обґрунтування проектних рішень, технологічних процесів, оцінка їх надійності та новизни;
- повнота і якість інженерних або технологічних розрахунків, аналіз вузьких місць;
- якість і повнота виконання допоміжних розділів роботи;
- ступінь самостійності та особистий внесок студента у роботу;
- якість оформлення та презентації роботи.

## **8 ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

### **8.1 Навчальні посібники та підручники**

1. Сода. Навчальний посібник. / В.Я. Кожухар, В.Г. Рябих, В.В. Брем, Л.В. Іванченко. – Одеса: "Сімекс-прінт", 2012 – 208 с.



2. Методи автоматизованих розрахунків хіміко-технологічних систем. Навчальний посібник. / Брем В.В., Білоус В.М., Макаров О.В., Борщ О.А.. – Одеса: "Сімекс-прінт", 2012 – 228 с.
3. Сульфатна кислота. Навчальний посібник. / В.Я. Кожухар, Л.В. Іванченко, О.В. Шамшурін, І.М. Попова. – Одеса: "Сімекс-прінт", 2012 – 200 с.
4. Технологія зв'язаного азоту. Навчальний посібник. / В.Я. Кожухар, Л.М. Ерайзер, В.В. Брем, Ю.М. Єпутатов, Л.В. Іванченко, С.П. Буга. – Одеса: "Сімекс-прінт", 2013 – 280 с.
5. Методи переробки промислових викидів та побутових відходів. Навчальний посібник. / В.Я. Кожухар, Д.В. Миронов, В.В. Брем, К.А. Васютинська. – Одеса: "Сімекс-прінт", 2013 – 224 с.
6. Іванченко Л.В. Хімія і технологія води : навчальний посібник / Л.В. Іванченко, В.Я. Кожухар, В.В. Брем. – Одеса : Екологія, 2017. – 212 с.
7. Врагов А.П. Теплообмінні процеси та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: навчальний посібник. – Суми: Університет. книга, 2006.– 260 с.
8. Кострова Г.В. Обладнання нафтогазової та хімічної галузі: Навч. посібник Кострова Г.В., Савельєва О.С., Становський О.Л. – Одеса: ОДПУ, 2001.
9. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии: учебник для вузов по спец. "Машины и аппараты хим. производств" – М.: Химия, 1987. – 496 с.
10. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник. – М.: Химия, 1971. – 784 с.
11. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А.; под ред. Романкова П.Г. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для хим.–технолог. спец. Вузов. – Л.: Химия, 1987.– 576 с.
12. Дубинін А. І., Гаврилів Р. І., Гузьова І. О.; за ред. А. І. Дубиніна. Навчальний посібник з курсового проектування. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012.– 360 с. Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/1165338/>
13. Борисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И. и др.; под ред. Ю.И. Дытнерского. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. – М.: Химия, 1991. – 496 с. Режим доступу: <http://lpce.lviv.ua/library/books/borisov-h-s-brykov-v-p-dytnerskij-yu-i-ta-in-osnovni-protsesy-ta-aparaty-himichnoji-tehnolohiji-posibnyk-z-proektuvannya>
14. Коваленко І. В., Малиновський В. В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник. – К.: Інрес: Воля, 2005.– 264 с. Режим доступу: [http://cpsm.kpi.ua/Doc/PAHV\\_uch.pdf](http://cpsm.kpi.ua/Doc/PAHV_uch.pdf).
15. Сидоров Ю. І., Чуєшов В. І. Новіков В.П. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості: навчальний посібник для фармацевтичних і хімічних спеціальностей ВНЗ. – Вінниця: НОВА КНИГА, 2010. – 816 с. Режим доступу: <https://books.google.com.ua/books?id=V5X4CQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22%D0%A1%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2+%D0%AE.+%D0%86.,+%D0%A7%D1%83%D1%94%D1%88%D0%BE%D0%B2+%D0%92.+%D0%86.+%D1%82%D0%B0+%D1%96%D0%BD.%22&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwiRyoidydPaAhUQzKQKHVL2A2MQ6AEIJzAA#v=onepage&q&f=false>
16. Яворський В.Т., Перекупко Т.В., Знак З.О., Савчук Л.В. Загальна хімічна технологія: підручник для вузів. – Л.: Львівська політехніка, 2005.– 552 с. Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/43833/>
17. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. – М.: Академкнига, 2004.– 528 с. Режим доступу: [http://www.libedu.ru/l\\_b/kutepov\\_a\\_m\\_bondareva\\_t\\_i\\_berengarten\\_m\\_g\\_obshaja\\_himicheskaja\\_tehnologija.html](http://www.libedu.ru/l_b/kutepov_a_m_bondareva_t_i_berengarten_m_g_obshaja_himicheskaja_tehnologija.html)
18. Ахметов Т.Г., Ахметова Л.Т., Порфирьева Р.Т. Химическая технология неорганических веществ. Книга 2. – М.: Высшая школа, 2002.– 264 с. Режим доступу: <http://padabum.com/d.php?id=46368>

19. И.Ю. Гусев, И.Н. Карасев, Э.Э.Кольман-Иванов и др. Конструирование и расчет машин химических производств. – М.: Машиностроение, 1995.– 408 с. Режим доступа: [http://www.studmed.ru/kolman-ivanov-ee-gusev-yui-karasev-in-i-dr-konstruirovanie-i-raschet-mashin-himicheskikh-proizvodstv\\_289f4e3790b.html](http://www.studmed.ru/kolman-ivanov-ee-gusev-yui-karasev-in-i-dr-konstruirovanie-i-raschet-mashin-himicheskikh-proizvodstv_289f4e3790b.html)
20. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983.– 272 с. Режим доступа: <http://lpcce.lviv.ua/library/books/dytnerskij-yu-i-osnovni-protsezy-ta-aparaty-himichnoji-tehnolohiji-posibnyk-z-proektuvannya>
21. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1991 – 400 с.
22. Технологія зв'язаного азоту: підруч. для студентів вищих навч. закл. / [Л.Л. Товажнянський, О.Я. Лобойко, Г.І. Гринь та ін.]. – Х.: НТУ "ХПІ", 2007. – 536 с. Режим доступа: [www.twirpx.com/file/442734/](http://www.twirpx.com/file/442734/)
23. Справочник азотчика. Физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. Очистка технологических газов. Синтез аммиака. / [Караванов М.М., Чернышев А.К., Ильченко А.Р. и др.]; под ред. Е.Я. Мельникова. – [2-е изд. перераб.]. – М.: Химия, 1986 г. – 512 с.
24. Методи розрахунків у технології неорганічних виробництв: підруч. для студентів вищих навч. закл. / [Лобойко О.Я., Товажнянський Л.Л., Слабун І.О. та ін.]. за ред. проф. О.Я. Лобойка і проф. Л.Л.Товажнянського. – Х.: НТУ "ХПІ", 2001. – 512 с.
25. Краткий справочник физико-химических величин. /Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой – [8-ое изд., перераб.]. – Л.: Химия, 1983. – 232 с.
26. Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
27. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. – 720 с
28. Заречений В.Г., Карпович Е.О., Воробйова І.П. і ін. Виробництво фосфорвмісних мінеральних добрив. – Суми: Університетська книга, 2004.– 189 с.
29. Астрелін І.М., Товажнянський О.О Лобойко О.Я. та ін. Технологія фосфорвмісних добрив, кислот і солей. Підручник. – Х.: НТУ «ХПІ», 2011.– 288 с.
30. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот), ч. 1 Л.: Химия, 1974.– 792 с. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/82394/>
31. Эвенчик С.Д., Бродский А.А. Технология фосфорных и комплексных удобрений. – М.: "Химия", 1987.– 464 с. Режим доступа: <http://chemistry-chemists.com/chemister/Neorganika/neorganika.htm>
32. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников А.В. Основы охраны праці. Підручник. – Львів: Афiша, 2004. – 318 с.
33. Автоматичні системи керування хіміко-технологічними процесами. Навчальний посібник. / В.Я. Кожухар, В.В. Брем, Ю.Ф. Каверін. – Одеса: "Сілекс-прінт", 2012 – 224 с.
34. Ерайзер Л.М. Перероблення полімінеральних руд Прикарпаття в калійні добрива методом сульфатного вилуговування : [монографія] / Л.М. Ерайзер, Л.В. Іванченко. – Одеса : Екологія, 2015. – 136 с. Монографія.
35. Кулаков М.Б. Технологические измерения и приборы для химических производств. – М.: Машиностроение, 1993.
36. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы: справочное пособие под редакцией Б. Д. Кошарского. – Л.: Машиностроение, 1976.
37. Макаров О.В., Брем В.В. Навч. посібник Сучасні інформаційні платформи Microsoft Windows / GNU Linux до курсу "Комп'ютерні технології в наукових дослідженнях". Одеса: ОНПУ, 2013.

38. Макаров О.В., Брем В.В. Система масових відкритих онлайн курсів для студентів хіміко-технологічного факультета iLib | MOOC, курс "Проект М.017". [http://80.90.224.235/ixtf\\_mooc](http://80.90.224.235/ixtf_mooc)

39. Гогіташвілі Г.Г. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами. Бібліотека українських підручників. Режим доступу: [http://libfree.com/167424923-bzhdupravlinnya\\_ohoronoju\\_pratsi\\_ta\\_rizikom\\_za\\_mizhnarodnimi\\_standartami\\_\\_gogitashvili\\_gg.html](http://libfree.com/167424923-bzhdupravlinnya_ohoronoju_pratsi_ta_rizikom_za_mizhnarodnimi_standartami__gogitashvili_gg.html)

40. Третьяков О.В. Охорона праці. Бібліотека українських підручників [http://libfree.com/159113602-bzhdohorona\\_pratsi\\_\\_treyakov\\_ob.html](http://libfree.com/159113602-bzhdohorona_pratsi__treyakov_ob.html)

41. Лунькова Ю.Н., Хабер Н.В. Производство концентрированных калийных удобрений из полиминеральных руд. – К.: Техника, 1980.

## 8.2 Методичні вказівки

1. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсу "Процеси та апарати хімічних виробництв". Частина 1. Гідравліка, гідравлічні машини / В.Г. Рябих, В.Я. Кожухар, Д.В. Миронов, С.Л. Савич – Одеса: ОНПУ, 2011. – 44 с.

2. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів при виконанні розрахунків з курсу "Процеси та апарати хімічних виробництв". / В.Г. Рябих, В.Я. Кожухар, Д.В. Миронов, С.Л. Савич – Одеса: ОНПУ, 2011. – 42 с.

3. Методичний посібник з розрахунку апаратів з мішалками з курсу "Процеси та апарати хімічних виробництв" / В.Г. Рябих, В.Я. Кожухар, Д.В. Миронов, С.Л. Савич – Одеса: ОНПУ, 2011. – 34 с.

4. Методичний посібник з розрахунку абсорбційних апаратів з курсу "Процеси і апарати хімічних виробництв" / В.Г. Рябих, В.Я. Кожухар, Д.В. Миронов, С.Л. Савич – Одеса: ОНПУ, 2011. – 44 с.

5. Використання сучасної української хімічної термінології та номенклатури з неорганічної хімії: методичні вказівки / Л.В. Іванченко, В.Я. Кожухар, Л.М. Ерайзер, І.В. Дмитренко. – Одеса: ОНПУ, 2014. – 36 с.

6. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни "Спецкурс мінеральних добрив та солей" для студентів спеціальності 161 – Хімічна технологія та інженерія, спеціалізації – Хімічні технології неорганічних речовин / Л.М. Ерайзер, Л.В. Іванченко – Одеса: ОНПУ, 2018. – 25 с. (МВ09144 від 01.02.2018; № 5480 – РС – 2018).

7. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Технологія зв'язаного азоту" для студентів спеціальності 161 – Хімічна технологія та інженерія, спеціалізація – Хімічні технології неорганічних речовин / В.Я. Кожухар, Ю.М. Єпутатов, Л.В. Іванченко. – Одеса: ОНПУ, 2018. – 60 с. (МВ09262 від 06.03.2018; № 5596 – РС – 2018).

8. Методичні вказівки до практичних і самостійних робіт з дисципліни "Процеси та апарати хіміко-фармацевтичних виробництв". Частина 2. Тепломасообмін для студентів спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія / І.В. Дмитренко. – Одеса: ОНПУ, 2017. – 89 с. (МВ09054 від 20.12.2017; № 5399 – РС – 2017).

9. Методичні вказівки до практичних занять, самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Технологія мінеральних добрив та солей" на тему "Виробництво рідких комплексних добрив" для студентів спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія, спеціалізації – Хімічні технології неорганічних речовин / Л.М. Ерайзер, В.Я. Кожухар, Л.В. Іванченко. – Одеса: ОНПУ, 2017. – 25 с. (МВ08987 від 22.11.2017; № 5332 – РС – 2017).

10. Методичні вказівки до практичних занять, самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Технологія мінеральних добрив та солей" на тему "Виробництво амоній нітрату" для студентів спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія, спеціалізації – Хімічні технології неорганічних речовин / Л.М. Ерайзер, В.Я. Кожухар, , Л.В. Іванченко. – Одеса: ОНПУ, 2017. – 38 с. (МВ08978 від 22.11.2017; № 5331 – РС – 2017).

11. Методичні рекомендації для практичних занять та самостійної роботи з дисципліни "Технологія сульфатної кислоти" для студентів напряму 6.051301 "Хімічна технологія" / Кожухар В.Я., Іванченко Л.В., Усатюк І.І. – Одеса. ОНПУ. – 2017. – 59 с. (МВ08580 від 06.06.2017; № 4897 – РС – 2017).

12. Методичні рекомендації для практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Хімія неорганічних речовин» для студентів напряму 6.051301 «Хімічна технологія» / Усатюк І.І. – Одеса. ОНПУ. – 2017. – 32 с. (МВ08601 від 19.06.2017; № 4926 – РС – 2017).

13. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни "Хімія і технологія води" для студентів спеціальності 161 – Хімічна технологія та інженерія / Л.В. Іванченко, В.Я. Кожухар. – Одеса: ОНПУ, 2016. – 47 с. (МВ07482 від 09.09.2016; № 3858 – РС – 2016).

14. Конспект лекцій по курсу "Основи комп'ютерного проектування" для студентів спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія / Борщ О.А., Макаров О.В. – Одеса: ОНПУ, 2017. – 35 с. (КЛІ09009 від 29.11.2017; № 5355 – РС – 2017).

15. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни "Теоретичні основи технології неорганічних речовин" для студентів спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія, спеціалізації – Хімічні технології неорганічних речовин / Л.М. Ерайзер, Л.В. Іванченко – Одеса: ОНПУ, 2017. – 21 с. (МВ09001 від 24.11.2017; № 5341 – РС – 2017).

16. Методичні вказівки по проектуванню функціональних схем автоматизації технологічних процесів / В.Я. Кожухар, Ю.Ф. Каверін, І.М. Попова – Одеса: ОНПУ, 2011. – 52 с.

## **ДОДАТКИ**

### **Додаток 1. Титульний лист кваліфікаційної роботи магістра**

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний політехнічний університет  
Хіміко-технологічний факультет  
Кафедра технології неорганічних речовин і екології

Левченко Катерина Миколаївна,  
студентка групи ХН-151

### **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

Глибоке знесолення води в спосіб електродеіонізації

Спеціальність:

161 Хімічні технології та інженерія

Спеціалізація, освітня програма:

Хімічні технології неорганічних речовин

Керівник:

Іванченко Лілія Василівна,

к.т.н., доцент

Одеса – 2020

## Додаток 2. Завдання на кваліфікаційну роботу

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний політехнічний університет  
Хіміко-технологічний факультет  
Кафедра технології неорганічних речовин і екології

Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія  
Спеціалізація/освітня програма Хімічні технології неорганічних речовин

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Кожухар В.Я.  
\_\_\_\_\_ 2020 р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Левченко Катерини Миколаївни

1. Тема роботи: Глибоке знесолення води в спосіб електродеіонізації

Керівник роботи: Іванченко Лілія Василівна, к.т.н., доцент

затверджені наказом ректора ОНПУ від \_\_\_ р. №

2. Зміст роботи: Вступ;

1. Техніко-економічне обґрунтування;
2. Теоретичні основи і вибір схеми водопідготовки;
3. Характеристика сировини, продуктів виробництва, допоміжних матеріалів;
4. Опис технологічної схеми очищення води;
5. Матеріальний баланс знесолення води;
6. Вибір технологічного обладнання та конструктивні розрахунки;
7. Автоматизація та керування виробництвом;
8. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях;
9. Охорона навколишнього середовища

Висновки;

Перелік використаних джерел.

3. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Фізико-хімічні основи;
2. Креслення технологічної схеми;
3. Зображення установки електродеіонізації;
4. Креслення схеми автоматизації;

#### 4. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

#### 5. Дата видачі завдання

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	Техніко-економічне обґрунтування	7.11.2020	
2	Теоретичні основи і вибір схеми водопідготовки	12.11.2020	
3	Характеристика сировини, продуктів виробництва, допоміжних матеріалів	15.11.2020	
4	Виконання креслення технологічної схеми та її описання	20.11.2020	
5	Матеріальний баланс знесолення води	25.11.2020	
6	Вибір технологічного обладнання та конструктивні розрахунки	02.12.2020	
7	Розроблення схеми автоматизації виробництва	10.12.2020	
8	Виконання розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	13.12.2020	
9	Охорона навколишнього середовища	15.12.2020	
10	Підготовка доповіді та презентації до захисту	20.12.2020	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

**Левченко К.М.**

Керівник роботи \_\_\_\_\_

**Іванченко Л.В.**

### ЗАВДАННЯ

на розроблення розділу "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях"  
Левченко Катерини Миколаївни, група ХН-141 хіміко-технологічного  
факультету, кафедри технології неорганічних речовин і екології

Тема роботи: Глибоке знесолення води в спосіб електродеіонізації

Зміст розділу:

1. Аналіз можливих небезпечних і шкідливих факторів, створених об'єктом проектування;
2. Розроблення заходів, спрямованих на усунення або зниження шкідливого діяння виявлених факторів.
3. Розрахунок системи загального рівномірного освітлення цеху водопідготовки за методом світлового потоку
4. Аналіз техногенних небезпек і вибір заходів і засобів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.
5. Розрахунок оперативного (аварійного) прогнозування розливу хлору.

Керівник роботи

Іванченко Л.В.

2020 р.



УДК 628.1.034 : 663.635

### АНОТАЦІЯ

**Левченко К.М. Глибоке знесолення води в спосіб електродеіонізації – Одеса: ОНПУ, 2020. – 95 с. А4.**

Розроблено схему знесолення води. Розглянуто фізико-хімічні особливості електродеіонізації, визначено оптимальні норми технологічного режиму, вибрано технологію проведення процесу. Визначено основні технологічні показники всього процесу знесолення та детально стадії електродеіонізації. На основі нанотехнологій запропоновано оптимізацію водного господарства для максимального скорочення споживання свіжої води питної якості у виробництві шляхом заміни її на попередньо очищені стічні води на станції біохімічної очистки і морську воду.

**Ключові слова:** знесолення, мембранні методи, електродеіонізація.

### SUMMARY

**Levchenko K.M. Deep desalination of water by the method of electrodeionization. – Odessa: ONPU, 2020. – 95 p. A4.**

The scheme of water desalination has been developed. Physicochemical features of electrodeionization are considered, optimal norms of technological regime are determined, process technology is selected. The main technological indicators of the whole process of desalination and the stage of electrodeionization are determined. On the basis of nanotechnologies, the optimization of water management is proposed to maximize the reduction of fresh water quality of drinking quality in production by replacing it with pre-treated wastewater at biochemical treatment plants and seawater.

**Keywords:** desalination, membrane methods, electrodeionization.