

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**ВИРОБНИЦТВО ХІМІЧНИХ ПРОДУКТІВ
ЕЛЕКТРОЛІЗОМ**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВИХ РОБІТ

з дисципліни «Виробництво хімічних продуктів електролізом»

для студентів

спеціальностей 7(8).05130103 «Технічна електрохімія»

денної та заочної форм навчання

Київ 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра технології електрохімічних виробництв

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВИХ РОБІТ

**з дисципліни «Виробництво хімічних продуктів електролізом»
для студентів спеціальностей 7(8).05130103 «Технічна електрохімія»
денної та заочної форм навчання**

**Розглянуто та рекомендовано
на засіданні кафедри ТЕХВ
протокол № 10 від 26.04.2011 р.**

Київ 2014

Методичні рекомендації до виконання курсових робіт з дисципліни «Виробництво хімічних продуктів електролізом» / Укладач: доц. Косогін О.В. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 27 с. **Рукопис.**

*Гриф надано Вченою радою ХТФ НТУУ «КПІ»
(Протокол № _____ від _____ 201_ р.)*

Методичні рекомендації призначені для виконання курсових робіт з дисципліни «Виробництво хімічних продуктів електролізом» студентами денної і заочної форм навчання кафедри технології електрохімічних виробництв хіміко-технологічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВИХ РОБІТ

з дисципліни «Виробництво хімічних продуктів електролізом»
для студентів
спеціальності 7(8).05130103 «Технічна електрохімія»
денної та заочної форм навчання

Укладач: Косогін Олексій Володимирович, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний редактор Лінючева О.В., проф., д.т.н.

Рецензент

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
2 ВИМОГИ ДО ЗМІСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	5
3 ВИМОГИ ДО СТРУКТУРИ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	6
4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ	9
5 ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	12
6 РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	13
7 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ КУРСОВИХ РОБІТ.....	17
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	21
Додаток А	22
Додаток Б.....	23
Додаток В	24

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Курсова робота з дисципліни «Виробництво хімічних продуктів електролізом» є важливою формою самостійного вивчення студентами матеріалів курсу, її виконання має на меті систематизацію, закріплення і поглиблення набутих теоретичних знань і формування умінь застосування цих знань під час вирішення конкретних прикладних завдань, набуття досвіду проведення самостійної науково-дослідної роботи й оволодіння методикою теоретичних, експериментальних і науково-практичних досліджень.

Тему курсової роботи студенту видає провідний викладач (лектор), керуючись робочою навчальною програмою та пов'язаною із тематикою дисципліни «Виробництво хімічних продуктів електролізом». Перелік рекомендованих тем формується відповідно до програми навчання. Проміжні результати курсової роботи розглядаються на консультаціях, а кінцеві студент захищає у комісії. При виконанні індивідуальних курсових робіт студент має показати вміння виконувати технологічні та енергетичні розрахунки в виробництві хімічних продуктів електролізом, проводити аналіз конструкцій електролізерів і принципу їх дії, робити вибір технологічних схем та оптимальних умов технологічного процесу.

Після одержання завдання студент заповнює „Завдання на курсову роботу”, зразок якого наведений у Додатку А. Курсова робота повинна бути виконана та здана на кафедру для перевірки викладачем не пізніше встановленого завданням терміну.

Оформлення курсової роботи має відповідати вимогам до звітів про НДР (ДСТУ 3008–95 «Державний стандарт України. Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»).

Ілюстративний матеріал для захисту курсової роботи може бути виконаний у вигляді плакатів, креслень і подаватися за допомогою комп'ютерних засобів. Зміст ілюстративного матеріалу має з достатньою повнотою відображати основні положення, які виносяться на захист.

2 ВИМОГИ ДО ЗМІСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова роботи – це дослідження певного об'єкту – матеріального (системи, обладнання, пристрою тощо) або нематеріального (певного процесу), його характеристик, властивостей (що є предметом дослідження). Курсова робота виконується на базі теоретичних знань і практичного досвіду, отриманих студентом протягом попереднього терміну навчання, і має бути пов'язана з вирішенням конкретних наукових або прикладних задач.

Зміст курсової роботи передбачає:

- формулювання наукової (науково-технічної) проблеми, аналіз стану рішення проблеми за матеріалами вітчизняних і зарубіжних публікацій, обґрунтування цілей дослідження;

- аналіз можливих методів та методик досліджень, обґрунтований вибір (розробку) методу (методики) дослідження або апаратного забезпечення;

- науковий аналіз і узагальнення фактичного матеріалу, який використовується в процесі дослідження;

- викладання отриманих результатів та оцінку їхнього теоретичного, прикладного чи науково-методичного значення.

У процесі підготовки і захисту курсової роботи студент має продемонструвати:

- уміння проводити системний аналіз відомих підходів і пропонувати нові шляхи до вирішення проблеми;

- володіння методами і методиками досліджень, які використовувались у процесі роботи;

- здатність до наукового аналізу отриманих результатів і розробки висновків та положень, уміння аргументовано їх захищати;

- володіння сучасними інформаційними технологіями при проведенні досліджень та оформленні курсової роботи.

3 ВИМОГИ ДО СТРУКТУРИ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота має містити:

- титульний аркуш (зразок оформлення див. Додаток Б);
- завдання;
- анотацію;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів (за необхідності);
- основну частину;
- висновки;
- список використаних джерел (перелік посилань);
- додатки (за необхідності).

Анотація призначена для ознайомлення з роботою. Анотація обсягом 200...500 слів українською та іноземною мовами має відображати інформацію, яку подано в курсовій роботі, у такій послідовності:

- відомості про обсяг роботи, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків, кількість джерел за переліком посилань;
- об'єкт та предмет дослідження, мета роботи;
- методи (методики) дослідження та апаратура;
- результати роботи та їхня новизна;
- рекомендації щодо використання результатів роботи;
- результати перевірки можливостей практичного використання отриманих результатів;
- пропозиції щодо можливих напрямів продовження досліджень;
- перелік 5...15 ключових слів (словосполучень), що є найістотнішими для розкриття суті роботи, надрукованих прописними буквами в називному відмінку в рядок через коми.

Зміст, що подається на наступному після анотації аркуші, має включати: вступ; найменування всіх розділів, підрозділів, пунктів (підпунктів, якщо вони

мають заголовки) основної частини роботи; висновки; рекомендації; перелік посилань; найменування додатків із зазначенням сторінок цих матеріалів.

Перелік умовних позначень подається за змістом з нового аркуша і має включати пояснення всіх застосованих у роботі мало розповсюджених умовних позначень, символів, скорочень і термінів. Перелік треба друкувати двома колонками: у лівій колонці за абеткою наводять скорочення, а в правій – їх детальну розшифровку.

Якщо у курсовій роботі спеціальні терміни, скорочення, символи, позначення й т.ін. повторюються менше трьох разів, перелік не складають, а їх розшифровку наводять у тексті при першому згадуванні.

У вступі, що починається з нової сторінки, викладається:

- актуальність роботи;
- мета роботи і галузь застосування результатів;

Основна частина повинна складатися з наступних розділів:

– **огляд сучасного стану галузі** на основі аналізу вітчизняної і зарубіжної науково-технічної літератури та патентного пошуку із зазначенням практично вирішених задач, існуючих проблем у даній предметній галузі, зазначення провідних фірм та провідних вчених і спеціалістів, які мають розробки з цієї проблеми (обсягом не менше 10 стор.), а саме:

- короткі відомості про фізичні та хімічні властивості хімічного продукту;
- галузь використання хімічного продукту, її розповсюдженість та значення в народному господарстві;
- способи отримання продукту та їх порівняльна характеристика, сировинна база;

- **обґрунтований вибір і описання** конструкції електролізера та технологічної схеми отримання певної хімічної речовини;

- **розрахунок електролізера** відповідно до завдання на курсову роботу, який повинен містити:

- баланс струму;

- матеріальний баланс;
- баланс напруги;
- баланс енергії;
- тепловий баланс;
- розрахунок витратних коефіцієнтів.

Приклади виконання розрахунків електролізера наведені в [1-4]. Вихідні дані до проведення розрахунків необхідно брати з таблиць в Додатку В відповідно до варіанта завдання.

Кожний розділ основної частини має закінчуватися висновками.

Загальні **висновки** розміщують на окремому аркуші. У них дається оцінка отриманих результатів та пропозиції щодо їх використання. Текст висновків можна розділяти на підпункти.

На підставі отриманих висновків у роботі можуть надаватися рекомендації, які розміщують на новій сторінці. У рекомендаціях визначають необхідні, на думку автора, подальші дослідження проблеми; подають пропозиції щодо ефективного використання результатів дослідження.

З нового аркуша наводиться **перелік посилань** на літературні джерела. Бібліографічні описи наводять у порядку їх згадування в тексті та відповідно до стандартів з бібліотечної та видавничої справ.

До **додатків** можуть бути включені:

- додаткові ілюстрації або таблиці;
- матеріали, які через великий обсяг або форму подання не можна включити до основної частини (фотографії, проміжні математичні докази, розрахунки);
- креслення електролізерів.

4 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота має бути виконана комп'ютерним або машинописним (змішаним) способом відповідно до чинної нормативно-технічної документації на виконання документів з використанням друкуючих і графічних пристроїв виводу ЕОМ.

Робота оформлюється на аркушах формату А4 (210×297 мм), шрифт розміром 14 пунктів через 1,5 інтервали з розрахунку не більше 40 рядків на сторінці. Розміри поля: ліве – 25 мм, верхнє і нижнє – 20 мм, праве – 10 мм.

Окремі слова та формули, що вписуються до надрукованого тексту, мають бути чорного кольору та мати близьку до основного тексту густоту. Власні імена наводяться мовою оригіналу (при першому згадуванні – обов'язково).

Структурні елементи: «РЕФЕРАТ», «ЗМІСТ», «ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ», «ВИСНОВКИ», «РЕКОМЕНДАЦІЇ», «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ» не нумерують, а їх найменування є заголовками структурних елементів.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Пункти і підпункти можуть мати заголовки.

Заголовки структурних елементів і розділів необхідно розміщувати посередині рядка і друкувати прописними літерами без крапки в кінці. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів необхідно починати з абзацу (5 знаків). Відстань між заголовком та наступним або попереднім текстом має бути не менше двох рядків. Не можна розміщувати заголовок у нижній частині сторінки, якщо після нього залишається тільки один рядок тексту. Кожен розділ необхідно починати з нової сторінки.

Розділи, підрозділи, пункти і підпункти нумеруються арабськими цифрами. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера підрозділу, розділених крапкою, наприклад, 1.1, 1.2 і т.д. Номер пункту

складається з номера розділу, номера підрозділу (якщо він є) і порядкового номера пункту, розділених крапками тощо.

Сторінки роботи нумеруються арабськими цифрами в правому верхньому кутку зі збереженням наскрізної нумерації усього тексту. Титульний аркуш також включають до нумерації, але номер сторінки не ставлять.

Ілюстрації необхідно розміщувати безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації (власні та запозичені) мають бути посилання в роботі. Всі ілюстрації, які виносяться на захист, необхідно навести в основній частині роботи або в додатках.

Креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми мають відповідати вимогам нормативно-технічної документації. Ілюстрації нумеруються арабськими цифрами в межах розділу та називаються «Рисунок», що разом з назвою ілюстрації (у разі необхідності) розміщується під рисунком, наприклад, «Рисунок 3.2 – Схема розміщення» (другий рисунок третього розділу).

Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць. Таблицю слід розміщувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті. Нумерують таблиці як і рисунки. Слово «Таблиця» розміщують ліворуч над таблицею.

Формули та рівняння наводять безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються, посередині рядка з полями зверху та знизу не менше одного рядка. Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера, розділених крапкою. Номер проставляється в дужках на рівні формули в кінці рядка.

Пояснення символів та числових коефіцієнтів формул слід наводити безпосередньо під формулою, в тій самій послідовності, у якій вони подані у формулі. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки. Пояснення кожного символу необхідно починати з нового рядка.

Посилання в тексті на джерела необхідно вказувати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками.

Бібліографічний опис джерел складають відповідно до чинного стандарту з бібліографічного опису ДСТУ ГОСТ 7.1-2006. «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Додатки потрібно розміщувати в порядку появи посилань на них у тексті. Кожен додаток має починатися з нової сторінки. Додатки позначають посередині рядка прописними буквами (А, Б, В...). Наприклад, «Додаток А». Далі, симетрично до тексту, друкується заголовок додатка. Додатки повинні мати спільну з іншою частиною роботи наскрізну нумерацію сторінок.

У разі необхідності текст додатка можна поділити на розділи, підрозділи і пункти (наприклад, Г.4.1.3 – пункт 4.1.3 додатка Г). Ілюстрації, таблиці, формули і рівняння необхідно нумерувати в межах кожного додатка (наприклад, рисунок Е.3, таблиця Б.2 – друга формула Додатка Б тощо).

5 ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота, яка відповідає викладеним вимогам, залежно від її якості оцінюється відповідно до рейтингової системи оцінювання з навчальної дисципліни «Виробництво хімічних продуктів електролізом».

Заключним етапом є захист курсової роботи. Він проводиться у строки, які визначають деканат і кафедра. Під час захисту необхідно мати з собою курсову роботу.

Курсові роботи захищають перед комісією, до складу якої обов'язково має входити провідний викладач (лектор) навчальної дисципліни. Під час захисту курсової роботи студент має виявити глибокі знання з вивчених розділів курсу, вміти розкрити зміст розглянутих у курсовій роботі положень і відповісти на поставлені членами комісії запитання.

За сумою попередніх оцінок та результатами захисту курсової роботи виставляється оцінка.

6 РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Рейтинг студента з кредитного модуля «Курсова робота з дисципліни «Виробництво хімічних продуктів електролізом» складається з балів, які він отримує за:

- 1) виконання Розділу 1 «Огляд сучасного стану галузі»;
- 2) виконання Розділу 2 «Обґрунтований вибір і описання конструкції електролізера та технологічної схеми»;
- 3) виконання Розділу 3 «Розрахунок електролізера»;
- 4) якість оформлення курсової роботи;
- 5) захист курсової роботи.

СИСТЕМА РЕЙТИНГОВИХ (ВАГОВИХ) БАЛІВ (R_K) ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

1. Виконання Розділу 1 «Огляд сучасного стану галузі». Ваговий бал – 15.

Критерії оцінювання:

<u>14–15 балів:</u> (не менше 90 % потрібної інформації)	питання глибоко пророблено, аналіз стану здійснено за новітніми вітчизняними і зарубіжними джерелами інформації;
<u>11–13 балів:</u> (не менше 75 % потрібної інформації)	неповна, але вірна, логічно побудована відповідь; аналіз здійснено в основному за навчальною літературою та застарілими джерелами (більше 10 років);
<u>8–10 балів:</u> (не менше 60 % потрібної інформації)	неповна відповідь або відповідь з вельми принциповими помилками; відповідь являє собою конспективне перенесення літературних відомостей без додержання логічної побудови;
<u>0 балів:</u>	наявність принципових помилок у відповіді.

2. Виконання Розділу 2 «Обґрунтований вибір і описання конструкції електролізера та технологічної схеми». Ваговий бал – 10.

Критерії оцінювання:

- 9–10 балів: вірно обґрунтований вибір конструкції електролізера, надано детальний опис конструкції та технологічної схеми; виконаний з використанням засобів комп'ютерної графіки з дотриманням вимог ДСТУ;
- 7–8 балів: запропоновано застарілу конструкцію електролізера; помилки в описі конструкції або технологічної схеми; виконання на високому технічному рівні з дотриманням вимог ДСТУ;
- 6 балів: відсутній опис електролізера або технологічної схеми; є незначні відхилення від вимог ДСТУ; виконання на задовільному технічному рівні;
- 0 балів: графічний матеріал є ксерокопією або відсканованим зображенням з літератури з незадовільним рівнем виконання.

3. Виконання Розділу 3 «Розрахунок електролізера». Ваговий бал – 20.

Критерії оцінювання:

- 5 балів: безпомилкове виконання розрахункового завдання або розрахунок з незначними погрішностями;
- 4 бали: вірний, загалом, розрахунок з деякими математичними чи стехіометричними помилками;
- 3 бали: виконання розрахункового завдання зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру;
- 0 балів: вирішення розрахункового завдання з помилками принципового характеру як наслідок слабких знань фундаментальних положень хімії;

4. Якість оформлення курсової роботи. Ваговий бал – 5.

Критерії оцінювання:

- 5 балів: робота виконана українською мовою, матеріал викладений чітко, грамотно, оформлення роботи повністю відповідає вимогам до

звітів НДР (ДСТУ 3008-95); текст виконано з використанням текстового редактора;

4 бали: зауваження щодо повноти, акуратності, грамотності оформлення; оформлення з незначними відхиленнями від вимог ДСТУ;

3 бали: наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності, акуратності і охайності; незначне відхилення від вимог ДСТУ;

0 балів: оформлення з порушеннями вимог ДСТУ.

Штрафні бали (r_s):

- несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання КР -5 балів.

Розрахунок шкали рейтингової оцінки з кредитного модуля (RD)

Сума вагових балів (R_C) при виконанні курсової роботи складає:

$$R'_C = \sum_k r_k + \left(\sum_s r_s \right) = 15 + 10 + 20 + 5 = 50 \text{ балів} + \left(\sum_s r_s \right); R_C = \sum_k r_k = 50 \text{ балів}.$$

Складова шкали за захист роботи (R_3) дорівнює 50 % від R , а саме:

$$R_3 = R_C \cdot \frac{0,5}{1 - 0,5} = 50 \cdot \frac{0,5}{1 - 0,5} = 50 \text{ балів}.$$

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає

$$R = R_C + R_3 = 50 + 50 = 100 \text{ балів}.$$

Розмір шкали рейтингу $R = 100$ балів.

Розмір стартової шкали $R_C = 50$ балів.

Розмір шкали захисту роботи $R_3 = 50$ балів.

Необхідною умовою допуску до захисту курсової роботи є стартовий рейтинг (r_C) не менше 50 % від R_C , тобто: $r_C = 0,5R_C = 0,5 \times 50 = 25$ балів. На захисті курсової роботи студент має продемонструвати ступінь володіння матеріалом, аргументованість рішень, вміння захищати свою думку тощо.

Критерії оцінювання захисту роботи

45–50 балів: відповіді на запитання демонструють уміння студента професійно відстоювати власну точку зору, а також і

потрібної інформації) те, що він володіє професійними знаннями на сучасному рівні;

41–44 балів: студент може професійно відстоювати власну точку зору. Відповіді на запитання є вірними по сутності, але (не менше 80 % потрібної інформації) не завжди достатньо повні і аргументовані;

37–40 балів: відповіді на запитання неповні, припущені істотні неточності в аргументуванні прийнятих рішень; (не менше 75 % потрібної інформації)

30–36 балів: вірні відповіді на 30–50 % запитань; слабе володіння матеріалом; відсутність аргументації прийнятих рішень; (не менше 60 % потрібної інформації)

0 балів: вірні відповіді на 15–30 % запитань; нездатність студента пояснити теоретичні основи розглянутих процесів.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS – European Credit Transfer System – Європейської кредитно-трансферної та акумулюючої системи – та традиційних) його рейтингова оцінка **RD** переводиться згідно з таблицею:

$RD = r_C + r_3$	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95...100	A	Відмінно
85...94	B	Добре
75...84	C	
65...74	D	Задовільно
60...65	E	
RD менше 60	F_X	Незадовільно
r_C менше 25	F	Не допущений

7 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ КУРСОВИХ РОБІТ

Тема «Виробництво водню і кисню електролізом води»

Варіант №1

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню для охолодження електрогенераторів на електростанціях. Розрахунок електролізера типу ФВ-500 струмовим навантаженням 11 кА.

Варіант №2

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню в нафтохімії. Розрахунок електролізера типу Бамаг В40 струмовим навантаженням 2,25 кА.

Варіант №3

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню у виробництві органічних речовин. Розрахунок електролізера типу Бамаг В60 струмовим навантаженням 2,25 кА.

Варіант №4

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню у виробництві неорганічних продуктів. Розрахунок електролізера типу Бамаг В100 струмовим навантаженням 2,25 кА.

Варіант №5

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню у виробництві харчових продуктів. Розрахунок електролізера типу Бамаг С100 струмовим навантаженням 4,5 кА.

Варіант №6

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню у паливній енергетиці. Розрахунок електролізера типу Бамаг С126 струмовим навантаженням 5,3 кА.

Варіант №7

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню в металургії. Розрахунок електролізеру типу Бамаг С160 струмовим навантаженням 5,6 кА.

Варіант №8

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню у виробництві чистих речовин. Розрахунок електролізеру типу Де Нора струмовим навантаженням 10 кА.

Варіант №9

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню у виробництві неорганічних продуктів. Розрахунок електролізеру типу Бамаг В100 струмовим навантаженням 2,25 кА.

Варіант №10

Виробництво водню і кисню електролізом води. Використання водню у якості пального. Розрахунок електролізеру типу Ерлікон ЕВ-330 струмовим навантаженням 6,6 кА.

Тема «Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню»

Варіант №11

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання хлору в технологіях очищення води. Розрахунок діафрагмового електролізеру типу БГК-50 струмовим навантаженням 50 кА з графітовими анодами.

Варіант №12

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання хлору у виробництві полімерних матеріалів. Розрахунок діафрагмового електролізеру типу БГК-100 струмовим навантаженням 100 кА з анодами ОРТА.

Варіант №13

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання хлору в технологіях виробництва металів. Розрахунок діафрагмового електролізеру типу МДС-55 струмовим навантаженням 150 кА з анодами ОРТА.

Варіант №14

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання хлору у виробництві органічних речовин. Розрахунок діафрагмового електролізу типу СД-7 струмовим навантаженням 75 кА з анодами ОРТА.

Варіант №15

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання хлору у виробництві неорганічних речовин. Розрахунок діафрагмового електролізу типу Гланор V-1136 струмовим навантаженням 80 кА з анодами ОРТА.

Варіант №16

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання хлору у медицині. Розрахунок діафрагмового електролізу типу Ніссо ВМ-50 струмовим навантаженням 300 кА з анодами ОРТА.

Варіант №17

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання гідроксиду натрію у виробництві неорганічних речовин. Розрахунок ртутного електролізу типу Матісон Е8 струмовим навантаженням 30 кА з графітовими анодами.

Варіант №18

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання гідроксиду натрію у виробництві органічних речовин. Розрахунок ртутного електролізу типу Р-300 струмовим навантаженням 300 кА з анодами ОРТА.

Варіант №19

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання гідроксиду натрію у металургійній промисловості. Розрахунок ртутного електролізу типу Де Нора 30М2 струмовим навантаженням 400 кА з анодами ОРТА.

Варіант №20

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання гідроксиду натрію у виробництві харчових та косметичних продуктів. Розрахунок ртутного електролізу типу Кребс-Космо струмовим навантаженням 300 кА з анодами ОРТА.

Варіант №21

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання гідроксиду натрію у целюлозно-паперовій промисловості. Розрахунок ртутного електролізера типу Хехст-Уде 350-100М струмовим навантаженням 375 кА з анодами ОРТА.

Варіант №22

Електролітичне виробництво хлору, лугів і водню. Використання гідроксиду натрію у виробництві штучних волокон. Розрахунок ртутного електролізера типу Куреха струмовим навантаженням 320 кА з анодами ОРТА.

Тема «Виробництво кисневмісних сполук хлору»

Варіант №23

Виробництво кисневмісних сполук хлору. Способи отримання хлоратів у промисловості. Розрахунок монополярного електролізера з охолодженням електроліту катодами струмовим навантаженням 25 кА з графітовими анодами.

Варіант №24

Виробництво кисневмісних сполук хлору. Використання хлоратів в сільському господарстві. Розрахунок монополярного електролізера з охолодженням електроліту змійовиками струмовим навантаженням 25 кА з графітовими анодами.

Варіант №25

Виробництво кисневмісних сполук хлору. Використання хлоратів в хімічній промисловості. Розрахунок біполярного електролізера типу ХТБ-1 струмовим навантаженням 50 кА з анодами ОРТА.

Варіант №26

Виробництво кисневмісних сполук хлору. Використання хлоратів в целюлозно-паперовій промисловості. Розрахунок біполярного електролізера типу Кребс NC-12 струмовим навантаженням 36 кА з анодами ОРТА.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Панасенко В.Ф., Яцюк Л.А., Лінючева О.В., Погребова І.С., Косогін О.В. Виробництво хімічних продуктів електролізом: основне обладнання та приклади розрахунків: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 156 с.
2. Зимин В.М., Камарьян Г.Н., Мазанко А.Ф. Хлорные электролизеры. – М.: Химия, 1984. – 304 с.
3. Якименко Л.М. Электрохимические процессы в химической промышленности: Производство водорода, кислорода, хлора и щелочей. – М.: Химия, 1981. – 280 с.
4. Якименко Л.М., Серышев Г.А. Электрохимические процессы в химической промышленности: Электрохимический синтез неорганических соединений. – М.: Химия, 1984. – 160 с.

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

студенту _____

(група, прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Назва роботи _____

2. Термін здачі студентом оформленої роботи «____» _____ 20__ р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Перелік питань, які мають бути розроблені _____

5. Дата видачі завдання «____» _____ 20__ р.

Науковий керівник _____

(підпис)

(наук.ступінь, звання, ініціали, прізвище)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

(ініціали, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Кафедра технології електрохімічних виробництв

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни _____

на тему: _____

Виконав:

студент __ курсу групи _____

№ залікової книжки _____

(П.І.Б.)

Науковий керівник

(вчений ступінь і звання, П.І.Б.)

Київ – 20__

Характеристики електролізерів фільтрпресового типу для одержання водню і кисню

Параметри	№ варіанта													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Густина струму, кА/м^2	2,5	1,5	2,5	3,2	1,7	2,2	1,4	1,8	2,2	2,1	3,2	3,5	2,6	1,6
Число комірок	16	100	40	120	12	36	160	80	40	32	40	60	80	100
Електроліт	15 %	25 %	17 %	30 %	15 %	28 %	15 %	30 %	20 %	26 %	15 %	25 %	17 %	25 %
	NaOH	KOH	NaOH	KOH	NaOH	KOH	NaOH	KOH	NaOH	KOH	NaOH	KOH	NaOH	NaOH
Робоча температура, $^{\circ}\text{C}$	70	75	80	85	90	95	90	85	80	75	70	75	80	85
Температура газів, які виходять із газозбірника, $^{\circ}\text{C}$	30	35	40	35	30	45	30	35	40	35	40	30	35	40
Чистота водню, %	99,7	99,9	99,8	99,5	99,6	99,5	99,8	99,9	99,7	99,6	99,8	99,5	99,6	99,5
Чистота кисню, %	99,3	99,5	99,6	99,2	99,2	99,3	99,5	99,4	99,1	99,6	99,3	99,2	99,4	99,3
Вихід за струмом водню, %	96,0	98,5	97,0	96,0	98,0	99,0	98,5	96,5	98,0	97,0	96,0	98,5	98,0	96,5
Надлишковий тиск газів на виході з електролізера, гПа	45,6	80,2	75,6	92,7	62,3	56,6	72,7	89,5	42,3	63,2	57,2	58,6	95,2	100,4

Додаток В

Характеристики хлорних електролізерів з твердим катодом і фільтруючою діафрагмою

Показники	№ варіанта													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Густина струму, кА/м ² анодна катодна	1,2 1,0	1,55 1,25	2,0 1,8	1,75 1,55	2,0 1,7	1,3 1,1	1,9 1,75	2,30 2,05	1,95 1,75	1,6 1,4	1,8 1,5	1,6 1,4	2,10 1,95	1,7 1,6
2. Вихід за струмом Cl ₂ NaOH	0,96 0,96	0,96 0,96	0,955 0,955	0,965 0,965	0,975 0,975	0,975 0,975	0,95 0,95	0,97 0,97	0,95 0,95	0,98 0,98	0,95 0,95	0,96 0,96	0,965 0,965	0,955 0,955
3. Склад католіту, г/дм ³ NaOH NaCl Na ₂ SO ₄	115 200 1	120 195 3	125 190 5	130 185 6	135 180 4	140 175 2	145 170 8	150 175 2	145 180 6	140 185 7	135 190 5	130 195 9	125 200 2	120 205 1
4. Склад анодного газу, % Cl ₂ O ₂ H ₂ CO ₂ N ₂ (з повітря)	97 1,5 0,3 0,2 1	95 2 0,5 0,5 2	98 1,2 0,2 0,2 0,4	96 3 0,3 0,6 0,1	94 4 0,3 0,7 1	95 3,2 0,2 0,6 1	98 0,8 0,3 0,4 0,5	97 2 0,2 0,3 0,5	96 1,2 0,3 1 1,5	98 1,1 0,2 0,3 0,4	94 4,2 0,4 0,8 0,6	97 1,4 0,2 0,5 0,9	95 2 0,4 1,2 1,4	97 2 0,2 0,4 0,4
5. Міжелектродна відстань, м	0,11	0,15	0,1	0,12	0,13	0,16	0,2	0,15	0,12	0,11	0,14	0,13	0,15	0,16

Концентрація живильного розсолу 310–315 г/дм³.

Температура катодного простору 90...95 °С; температура анодного простору 80 °С.

Склад катодного газу, %: водень – 99,9, інше – повітря, хлору у водні не повинно бути.

У електролізерах з анодами ОРГА СО₂ відсутній, тому вміст кисню в анодному газі для розрахунку брати як суму чисел вмісту О₂ та СО₂.

Характеристики деяких електролізерів з ртутним катодом

Показники	№ варіанта													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Густина струму, кА/м^2 анодна катодна	5,0 4,8	7,8 7,6	6,5 6,4	10,0 10,0	11,2 11,0	9,5 9,5	10,4 10,3	15,0 14,8	13,2 13,1	12,5 12,5	9,8 9,6	6,3 6,1	11,5 11,5	8,4 8,4
2. Вихід за струмом, % натрію Cl_2	97 93	98 92	99 96	96,5 95	97,5 91,5	98,5 93,5	97 94,5	98 92,5	99 93,5	96,5 94,5	97,5 91,5	98,5 94	99,5 91	97 95
3. Концентрація NaCl на виході з електролізера, г/дм^3	240	250	260	235	245	255	255	245	230	240	245	255	260	250
4. Концентрація натрію в амальгамі, % до електролізу	0,01 0,148	0,02 0,152	0,03 0,16	0,01 0,154	0,005 0,13	0,008 0,152	0,025 0,143	0,031 0,160	0,018 0,145	0,01 0,153	0,02 0,146	0,016 0,157	0,032 0,143	0,024 0,152
5. Концентрація NaOH , %	45	42	50	48	46	47	45,5	48,5	47,3	43,2	44,6	47,3	42,8	47,8
6. Склад анодного газу, % Cl_2 O_2 H_2 CO_2 N_2 (з повітря)	97 1,5 0,3 0,2 1	95 2 0,5 0,5 2	98 1,2 0,2 0,2 0,4	96 3 0,3 0,6 0,1	94 4 0,3 0,7 1	95 3,2 0,2 0,6 1	98 0,8 0,3 0,4 0,5	97 2 0,2 0,3 0,5	96 1,2 0,3 1 1,5	98 1,1 0,2 0,3 0,4	94 4,2 0,4 0,8 0,6	97 1,4 0,2 0,5 0,9	95 2 0,4 1,2 1,4	97 2 0,2 0,4 0,4

Електролізери працюють з проточним електролітом. В електролізер подається очищений розчин хлориду натрію з концентрацією 310 г/дм^3 і температурою $\sim 60^\circ\text{C}$, на виході з електролізера температура $80\text{--}85^\circ\text{C}$.

Міжелектродна відстань $2,3 \text{ мм}$.

У електролізерах з анодами ОРТА CO_2 відсутній, тому вміст кисню в анодному газі для розрахунку брати як суму чисел вмісту O_2 та CO_2 .

Електролізери для одержання хлорату натрію

Показник	№ варіанта													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Густина струму на електродах, кА/м^2	0,5	1,6	0,48	2,0	2,7	1,4	0,8	0,35	0,65	1,45	2,35	3,2	1,25	2,5
2. Об'єм електролізера, м^3	3,5	4,6	2,6	5,1	5,5	2,3	3,2	2,5	4,1	4,6	5,8	6,5	3,2	1,2
3. Вихід за струмом NaClO_3 , %	85	82	86	82,5	80	92	88	78	91	90	86,5	88,5	92	89
4. Вихід за струмом H_2 , %	93,2	94,6	95,6	91,8	88,2	97,3	95,4	92,6	93,8	97,4	91,5	90,3	89,7	96,3
5. Склад електроліту, кг/дм^3														
NaCl (початкова)	280	285	290	295	300	295	285	290	285	280	290	300	280	295
NaClO_3	40	60	50	35	30	35	50	60	55	50	65	30	70	60
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	7	9	12	6	0	9	8	5	5	6	5	3	2	6
6. Кінцева концентрація NaCl , кг/дм^3	80	75	90	105	115	95	110	85	75	85	105	110	115	95
7. Температура електролізу, $^{\circ}\text{C}$	35	40	35	70	75	65	35	40	35	35	75	80	40	70
8. Співвідношення $\text{O}_2:\text{CO}_2$	4,3	3,0	6,0	3,2	5,7	4,6	4,8	5,2	3,8	6,1	4,7	5,3	5,2	6,4

рН електроліту підтримується на рівні 6,5...6,7. Для стабілізації рН додається соляна кислота в кількості 4,75 кг/т хлорату натрію.