



## Комп'ютерні технології в процесах неорганічних виробництв

### Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

#### 1. Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>ОПП Хімічні технології неорганічних, електродних матеріалів та водоочищення</i>
Статус освітньої компоненти	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг освітньої компоненти	<i>4 кредити (лекції 18 год., комп'ютерний практикум 36 год., СРС 66 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 година на 2 тижні (1 пара), комп'ютерний практикум 2 години на 1 тиждень (1 пара) за розкладом на <a href="http://rozklad.kpi.ua">rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: <i>к.т.н., доцент Концевой Сергій Андрійович <a href="mailto:serkon157@ukr.net">serkon157@ukr.net</a></i> <i>к.т.н., доцент Концевой Андрій Леонідович <a href="mailto:kontsev@xtf.kpi.ua">kontsev@xtf.kpi.ua</a></i> <i><a href="mailto:kontsev157@gmail.com">kontsev157@gmail.com</a></i> Комп'ютерний практикум: <i>к.т.н., доцент Концевой Андрій Леонідович <a href="mailto:kontsev@xtf.kpi.ua">kontsev@xtf.kpi.ua</a>;</i> <i><a href="mailto:kontsev157@gmail.com">kontsev157@gmail.com</a></i> <i>к.т.н., доцент Концевой Сергій Андрійович <a href="mailto:serkon157@ukr.net">serkon157@ukr.net</a></i>

#### 2. Програма освітньої компоненти

##### 3. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Світова тенденція з інтенсивного використання комп'ютерів та різноманітного програмного забезпечення в інженерній та науковій сферах потребує від користувачів не тільки вільного володіння стандартними програмами, а й здатності до створення власних програмних продуктів в різних середовищах. Алгоритмізація і програмування дають досвід інтенсивної інтелектуальної діяльності, ефективність якої майбутні хіміки-технологи можуть оцінити самостійно (працює програма як треба чи ні). Освітня компонента «Комп'ютерні технології в процесах неорганічних виробництв» призначена активувати застосування студентами персональних комп'ютерів в навчальному процесі і, зокрема, при виконанні курсових проектів і робіт та магістерської дисертації, поглибити знання і вміння студентів проводити розрахунки в середовищі Excel та MathCad. Необхідність розробки нових алгоритмів та застосування сучасних методів обробки

даних сприятиме більш якісному засвоєнню студентами технологічних аспектів відповідного процесу. При вивченні цієї освітньої компоненти студенти одержують конкретні фахові знання і вміння з методології побудови алгоритму розрахунку конкретного процесу або об'єкту та реалізації алгоритму в указаних середовищах. Модуль передбачає послідовну і систематичну реалізацію алгоритмів і програм у взаємозв'язку з виконанням індивідуальних завдань технологічного характеру і розрахункової роботи.

**Предмет освітньої компоненти:** *Математичне моделювання виробництв неорганічних речовин та комп'ютерні засоби його реалізації.*

**Метою освітньої компоненти є формування у студентів наступних здатностей.**

#### *Програмні компетентності*

K1. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

K2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K5. Здатність досліджувати, класифікувати і аналізувати показники якості хімічної продукції, технологічних процесів і обладнання хімічних виробництв.

#### Програмні результати навчання

ПР1. Критично осмислювати наукові концепції та сучасні теорії хімічних процесів та хімічної інженерії, застосовувати їх при проведенні наукових досліджень та створенні інновацій.

ПР2. Здійснювати пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію.

*Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:*

#### **знання:**

- можливостей ПК в вирішенні розрахункових проблем процесів неорганічних виробництв;
- можливостей пакетів Excel та MathCad стосовно рішення математичних моделей різної складності;
- послідовності розробки алгоритму та відповідної програми розрахунку матеріального, теплового балансів конкретного виробництва або апарату;
- послідовності конструктивного розрахунку реакторів різного типу;

#### **уміння:**

- змінити і доповнити алгоритми і програми кафедри ТНР, В та ЗХТ відповідних розрахунків з тем комп'ютерних занять;
- розробити індивідуально власні програми розрахунків з теми комп'ютерних занять;

#### **досвід:**

– використання методів комп'ютерного моделювання.

#### **4. Пререквізити та постреквізити освітньої компоненти (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

*Навчальний матеріал освітньої компоненти «Комп'ютерні технології в процесах неорганічних виробництв» базується на знаннях і вміннях, отриманих при навчанні за*

бакалаврською програмою підготовки. Вимагаються базові знання середовищ Excel і MathCAD та основних технологій неорганічних речовин.

Освітні компоненти, які базуються на результатах навчання: Спеціальні дисципліни магістерської підготовки, виконання курсових проектів і робіт, виконання і підготовка до захисту магістерської дисертації.

*Зміст освітньої компоненти*

*Тема 1 Математичні моделі процесів та їх рішення в середовищі Excel*

*Тема 2 Математичні моделі процесів та їх рішення в пакеті MathCad*

## **5. Навчальні матеріали та ресурси**

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету. Підручник [1] надано також для студентів у класрум і електронному кампусі, легкий доступ до нього – на комп'ютерах в лабораторії 157-4. Обов'язковою до вивчення є базова література, особливо [1], інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

### **Базова:**

1. Комп'ютерні технології у процесах неорганічних виробництв (друге видання, доповнене і перероблене).. [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», А.Л. Концевой, С.А. Концевой - НТУУ «КПІ», 2023. – 238 с. Гриф надано Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, протокол №6 від 03.10.2022 р. Привласнено ідентифікатор бібліотеки КПІ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/>

### **Додаткова**

1. Лобойко О. Я. Методи розрахунків у технології неорганічних виробництв (т.1. Зв'язаний азот): підручник / О. Я. Лобойко, Л. Л.Товажнянський, І. О. Слабун та ін. – Х.: НТУ «ХПІ», 2001. 512 с. - ISBN 966-593-236-5.

### **Інформаційні ресурси**

1. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance).

## **3. Навчальний контент**

### **1 Методика опанування освітньої компоненти**

#### *Лекційні заняття*

Вичитування лекцій проводиться паралельно з виконанням студентами робіт комп'ютерного практикуму та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відео конференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

<b>№</b>	<b>Дата</b>	<b>Опис заняття</b>
		<b>Тема 1. Математичні моделі процесів та їх рішення в середовищі Excel</b>

1	1 тиждень навчання	Вступ. Призначення курсу, його зв'язок з іншими дисциплінами. Видача індивідуального завдання. Вимоги до оформлення індивідуального завдання. Ревізія основних положень з роботи в середовищі Excel. Особливості алгоритму розрахунку виробництва водню мембранним методом. Математична модель насадкового абсорберу.
2	3 тиждень навчання	Алгоритму розрахунку паро-повітряної конверсії метану, враховуючи особливості його конструкції. Ітераційні розрахунки при розв'язку матеріального балансу синтезу аміаку і синтезу метанолу.
3	5 тиждень навчання	Алгоритм розрахунку однопотокового очищення (абсорбції) газу від CO <sub>2</sub> розчинами моноетаноламіну і метилдіетаноламіну. Кінетичний розрахунок насадкового абсорберу.
4	7 тиждень навчання	Алгоритм розрахунку однопотокової регенерації (десорбції) відпрацьованих розчинів моноетаноламіну і метилдіетаноламіну. Кінетичний розрахунок тарілчастого регенератору.
		<b>Тема 2. Математичні моделі процесів та їх рішення в пакеті MathCad</b>
5	9 тиждень навчання	Рішення завдань з вищої математики у MathCad. Програмування у цій системі. Основні переваги та недоліки системи MathCad. Розрахунок рівноваги оборотних реакцій – рішення нелінійних рівнянь на прикладі синтезу аміаку.
6	11 тиждень навчання	Рішення системи нелінійних рівнянь. Розрахунок паро-повітряної конверсії метану. Розрахунок паро-вуглекислотної конверсії природного газу
7	13 тиждень навчання	Інтегрування кінетичних рівнянь. Розрахунок трубчастого реактора конверсії природного газу. Розрахунок окиснення оксиду сульфуру (IV)
8	15 тиждень навчання	Особливості розрахунку матеріального балансу синтезу аміаку і метанолу в пакеті MathCad через розв'язок системи рівнянь. Розрахунок поличних колон синтезу аміаку і метанолу інтегруванням кінетичного рівняння.
9	17 тиждень навчання	Термодинамічні розрахунки газифікації вугілля і рідкого палива: рішення систем нелінійних рівнянь. Алгоритм матеріального і теплового розрахунків.

### *Комп'ютерний практикум*

Метою комп'ютерних занять є опанування і закріплення на практиці знань та умінь, отриманих в процесі вивчення кредитного модуля, а саме використання методів комп'ютерного моделювання складних систем. Реалізацію наступних тем пропонується виконати кожним студентом на персональному комп'ютері шляхом створення відповідних програмних файлів із застосуванням програмних середовищ (MS Excel, MathCAD. Порядок виконання завдань практикуму надано у кафедральному навчальному посібнику [1].

<i>Тиждень</i>	<i>Тема</i>	<i>Опис запланованої роботи</i>
<b>Тема 1 Математичні моделі реакцій та їх рішення в середовищі Excel</b>		
1	Розрахунок виробництва водню мембранним методом	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel матеріальний і тепловий баланси та насадковий абсорбер. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
2	Розрахунок пароповітряної конверсії метану	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel матеріальний і тепловий баланси. Виконати кінетичний розрахунок шахтного конвертору методом чисельного інтегрування. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
3	Розрахунок матеріального балансу синтезу метанолу	Відповідно до отриманого індивідуального завдання визначити витратний коефіцієнт за свіжим газом методом ітерації та скласти матеріальний баланс циклічного процесу. Надати таблиці складу потоків для окремих точок технологічної схеми. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
4	Розрахунок матеріального балансу синтезу аміаку	Відповідно до отриманого індивідуального завдання вирішити систему 13 рівнянь методом ітерації для складання матеріального балансу. Надати таблиці складу потоків для 9 точок технологічної схеми. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
5	Розрахунок однопотокового очищення газу від CO <sub>2</sub> розчином моноетаноламіну (абсорбція)	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel матеріальний і тепловий баланси. Виконати кінетичний розрахунок насадкового абсорберу. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
6	Розрахунок однопотокового очищення газу від CO <sub>2</sub> розчином моноетаноламіну (регенерація)	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel матеріальний і тепловий баланси. Виконати кінетичний розрахунок тарілчастого регенератора. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
7	Розрахунок однопотокового очищення газу від CO <sub>2</sub> розчином метилдіетаноламіну (абсорбція)	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel матеріальний і тепловий баланси. Виконати кінетичний розрахунок насадкового абсорберу. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.

8	Розрахунок однопотокового очищення газу від CO <sub>2</sub> розчином метилдіетаноламіну (регенерація)	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel матеріальний і тепловий баланси. Виконати кінетичний розрахунок тарілчастого регенератора. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
<b>Тема 2 Математичні моделі процесів та їх рішення в пакеті MathCad</b>		
9	Розрахунок рівноваги оборотних реакцій	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати в середовищі MathCAD розв'язок нелінійного рівняння і розрахувати рівноважний склад газу (синтез аміаку і окиснення оксиду сірки). Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
10	Розрахунок рівноваги пароповітряної конверсії метану	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати в середовищі MathCAD розв'язок системи 3-х нелінійних рівнянь і розрахувати рівноважний склад конвертованого газу. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
11	Розрахунок трубчастого реактора конверсії природного газу	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі MathCAD об'єм каталізатору шляхом інтегрування кінетичного рівняння. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
12	Розрахунок окиснення оксиду сульфуру (IV)	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати засобами MathCAD (матричний підхід) розрахунок матеріального і теплового балансів чотири поличного реактору. Виконати кінетичний розрахунок шляхом інтегрування кінетичного рівняння. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
13	Розрахунок поличних колон синтезу аміаку.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання вирішити інтегруванням кінетичного рівняння час контактування і об'єм каталізатору чотири поличної колони синтезу. Надати таблиці складу потоків входу і виходу з полиці. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
14	Розрахунок паро-вуглекислотної конверсії природного газу	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати в середовищі MathCAD розв'язок системи нелінійних рівнянь і розрахувати рівноважний склад конвертованого газу. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.

15	Альтернативний розрахунок матеріального балансу синтезу аміаку	Відповідно до отриманого індивідуального завдання вирішити засобами MathCAD систему 13 рівнянь для складання матеріального балансу. Надати таблиці складу потоків для 9 точок технологічної схеми. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
16	Альтернативний розрахунок матеріального балансу синтезу метанолу.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання визначити витратний коефіцієнт за свіжим газом засобами MathCAD та скласти матеріальний баланс циклічного процесу. Надати таблиці складу потоків для окремих точок технологічної схеми. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
17	Термодинамічний та матеріальний розрахунки газифікації вугілля	Відповідно до отриманого індивідуального завдання вирішити засобами MathCAD систему 3-х нелінійних рівнянь для складання матеріального балансу. Надати таблиці складу вхідних і кінцевих потоків газогенератору. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
18	Модульна контрольна робота	Виконати завдання викладача з розрахунку у вказаному середовищі. Надати письмову відповідь на контрольні питання.

## 2 Самостійна робота студента

*Самостійна робота студента (СРС) в кількості 66 годин впродовж семестру включає повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, завершення роботи поза комп'ютерним класом, виконання і оформлення розрахункової роботи, підготовка до МКР і заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на виконання зазначених видів робіт:*

<i>Вид СРС</i>	<i>Кількість годин на підготовку</i>
<i>Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, доопрацювання програм на домашніх комп'ютерах</i>	<i>46 годин</i>
<i>Виконання ДКР</i>	<i>12 годин</i>
<i>Підготовка до МКР</i>	<i>2 години</i>
<i>Підготовка до заліку</i>	<i>6 годин</i>

### 1 Політика освітньої компоненти

У звичайному режимі роботи університету лекції та практикуми проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, практикуми – шляхом виконання завдань на домашньому комп'ютері. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та практикумів є обов'язковим.

На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів, наприклад, Google Forms. Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1 За модернізацію робіт нараховується від 1 до 3 заохочувальних балів;

2 За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 3 заохочувальних балів;

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

### 2 Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на лекціях, виконання практикумів.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.
3. Семестровий контроль: залік.

#### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

1. Рейтинг студента з дисципліни розраховується виходячи із 100-бальної шкали. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- 1) Виконання та захист 17 комп'ютерних занять;
- 2) Одну модульну контрольну роботу;
- 3) Одну домашню контрольну роботу.

#### **2. Критерії нарахування балів:**

##### **2.1 Робота на комп'ютерних заняттях:**

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів на комп'ютерних заняттях дорівнює:

$$r_{\text{комп}} = 5 \text{ балів} \cdot 17 = 85 \text{ балів.}$$

##### **Критерії оцінювання:**

5 балів: безпомилкове виконання та оформлення завдання (розрахунку) під час поточного заняття;

4 бали: вірне в цілому рішення з незначними недоліками в оформленні, або похибками окремих елементів розрахунку, здача роботи під час наступного заняття;



3 бали: виконання вірного розрахунку після навідної допомоги викладача або проведення розрахунку зі значущими помилками, які підлягають виправленню; здача роботи під час наступного заняття;

2 бали: виконання вірного розрахунку через 2 тижня після заняття;

1 бал: виконання вірного розрахунку через 3 тижня після заняття;

0 балів: відсутність на занятті без поважних причин або списування (плагіат).

## **2.2 Модульна контрольна робота (МКР)**

Ваговий бал  $r_{МКР} = 5$ .

### ***Критерії оцінювання МКР:***

5 балів: безпомилкова відповідь на всі питання при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань; вірне виконання розрахунку.

4 бали: недостатньо повна відповідь на всі питання або безпомилкова відповідь на 80% питань; вірне виконання розрахунку

3 бали: безпомилкова відповідь на 50 % питань або неповна відповідь на всі питання з двома – трьома досить суттєвими помилками; вірне виконання розрахунку

2 бали: неповна відповідь на всі питання або безпомилкова відповідь не менше 30 % питань; наявність принципових помилок; вірне виконання розрахунку

1 бал: неповна відповідь на частину питань; наявність принципових помилок; вірне виконання розрахунку

0 балів: відсутність на занятті без поважних причин, списування (плагіат) під час контрольної або відмова від виконання контрольної роботи.

## **2.4 Домашня контрольна робота – семестрове індивідуальне завдання**

Ваговий бал  $r_{pp} = 10$ .

10 балів: повне розкриття змісту завдання при бездоганному оформленні до 16 тижня навчання;

9 балів: повне розкриття змісту завдання без зауважень або з незначними зауваженнями при бездоганному оформленні до 17 тижня навчання;

8 балів: достатньо повне розкриття змісту завдання при наявності зауважень неprincipового характеру та оформленні до початку сесії;

7 балів: недостатнє або дуже слабке розкриття змісту завдання з великою кількістю помилок і зауважень принципового характеру при оформленні під час сесії;

6 балів: недостатнє або дуже слабке розкриття змісту завдання з великою кількістю помилок і зауважень принципового характеру при оформленні після сесії.

*3. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю). На першому календарному контролі (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \cdot 50^1 = 25$  балів. На другому календарному контролі (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \cdot 80^2 = 40$  балів.*

*4. Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 100 балів:*

$$R_c = r_{\text{компл}} + r_{\text{МКР}} + r_{\text{pp}} = 85 + 5 + 10 = 100 \text{ балів}$$

<sup>1</sup>Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 8 тижнів.

<sup>2</sup>Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 14 тижнів.

Необхідними умовами допуску до заліку є зарахування всіх етапів контрольної роботи, всіх комп'ютерних занять, виконання розрахункової роботи, а також стартовий рейтинг ( $r_c$ ) не менше 60 % від  $R_c$ , себто:  $r_c=0,6R_c=0,6 \times 100 = 60$  балів. Таким чином, студенти, які набрали протягом семестру рейтинг вищий або рівний за  $0,6 R_c$  ( $R_c \geq 60$  балів), отримують залік.

Для отримання студентом відповідних оцінок його рейтингова оцінка **RD** переводиться згідно з таблицею (див. нижче). Якщо семестровий рейтинг студента дорівнює 60 балам і більше, він має право на отримання заліку «автоматом» (безпосередньо за результатами роботи в семестрі) згідно нижче наведеної таблиці. Якщо рейтинг менше 60 він виконує додаткові завдання. Рейтингова оцінка з кредитного модуля у разі виконання залікової контрольної роботи визначається як сума балів із залікової контрольної роботи  $r_{кр}$  та балів із семестрового індивідуального завдання (розрахункової роботи), що дорівнює  $r_{сз} = 10$ .

Розмір шкали оцінювання залікової контрольної роботи дорівнює:

$$r_{кр} = 100 - r_{сз} = 90.$$

### Критерії залікової контрольної роботи:

90 - 85 балів: повна і безпомилкова відповідь (програмний файл) при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, бездоганне обґрунтування цієї відповіді з залученням літературних джерел;

84 - 75 балів: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 80 % розкриттям питання, відповідь ґрунтується тільки на матеріалах конспекту;

74 – 65 балів: взагалі вірна але недостатньо повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 50 % розкриттям питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;

64 - 55 балів: неповна відповідь з 30 % розкриттям питання; наявність принципових помилок;

54 - 50 балів: неповна відповідь з 20 % розкриттям питання; наявність великої кількості суттєвих і принципових помилок;

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка **RD** переводиться згідно з таблицею.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

$RD = r_{сз} + r_{кр}$ або $RD = R_c$	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
$RD < 60$ або списування (плагіат) під час залікової контрольної роботи	Не допущений

### 3 Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

#### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

Даний перелік націлений на перевірку знань студентів як в області математичного моделювання, так і в області відповідних технологій та наукових положень. Це пояснюється тим,

що саме поєднання знань технології підготовки води і водоочищення та вміння програмування визначає успішність засвоєння вибіркової дисципліни (кредитного модуля).

1. Методи отримання водню, область застосування, переваги і недоліки. Одно- і двоступеневі схеми конверсії природного газу, переваги і недоліки. Каталітичні системи. Конструкції реакторів. Профіль температури по висоті шахтного реактора. Інтегрування кінетичного рівняння.

2. Фізико-хімічні основи синтезу і конденсації аміаку. Можливі конструкції реакторів. Організація теплообміну в реакторах. Графік залежності фактичного і рівноважного ступеня перетворення від температури і тиску у багато поличній колоні синтезу. Необхідність продування. Шляхи застосування продувального газу. Методи рішення систем нелінійних рівнянь при розрахунку матеріального балансу синтезу аміаку. Інтегрування кінетичного рівняння в різних середовищах.

3. Визначення фактичного і рівноважного ступеня перетворення. Закон діючих мас. Константи рівноваги  $K_p$ ,  $K_c$ ,  $K_n$ . і зв'язок між ними. Принцип Ле Шательє, вплив температури, тиску, концентрації реагентів і інертних газів на зсув рівноваги реакції синтезу аміаку та окиснення  $SO_2$ . Рішення нелінійних рівнянь в різних програмних середовищах. Рішення системи нелінійних рівнянь в пакеті MathCAD на прикладі пароповітряної і паро вуглекислотної конверсії метану.

4. Можливі конструкції реакторів конверсії природного газу. Теплообмін в реакторах. Графік залежності фактичного і рівноважного ступеня перетворення від температури і тиску. Запобігання утворенню вуглецю. Кінетичний розрахунок трубчатої печі.

5. Фізико-хімічні основи каталітичного окиснення  $SO_2$  у  $SO_3$ : рівновага, каталізатори, швидкість. Можливі конструкції реакторів. Необхідність теплообміну в реакторі окиснення  $SO_2$  у  $SO_3$  та прийоми організації теплообміну. Графік залежності фактичного і рівноважного ступеня перетворення від температури і тиску. Лінія оптимальних температур (ЛОТ), принцип її побудови. Кінетичний розрахунок контактного апарату.

6. Методи очищення технологічного газу від двооксиду карбону. Переваги і недоліки. Конструктивне оформлення процесів абсорбції і десорбції. Перспективні методи очищення.

7. Фізико-хімічні основи очищення технологічного газу від двооксиду карбону: рівновага, рушійна сила, швидкість. Можливі конструкції абсорберів, їх переваги і недоліки. Необхідність теплообміну в абсорбері та прийоми організації теплообміну. Графік залежності фактичного і рівноважного парціального тиску від температури і ступеня карбонізації, принцип побудови. Кінетичний розрахунок абсорберу.

8. Фізико-хімічні основи десорбції двооксиду карбону: рівновага, рушійна сила, швидкість. Можливі конструкції регенераторів, їх переваги і недоліки. Необхідність теплообміну в регенераторі та прийоми організації теплообміну. Графік залежності фактичного і рівноважного парціального тиску від температури і ступеня карбонізації, принцип побудови. Кінетичний розрахунок регенератору.

9. Рішення математичних задач (інтегрування, рішення нелінійних рівнянь та їх систем) у пакеті MathCad. Розрахунок каталітичних реакторів за заданим викладачем рівнянням кінетики процесу.

10. Фізико-хімічні основи синтезу і конденсації метанолу. Можливі конструкції реакторів. Організація теплообміну в реакторах. Графік залежності фактичного і рівноважного ступеня перетворення від температури і тиску у багато поличній колоні синтезу. Необхідність продування. Шляхи застосування продувального газу. Методи рішення систем нелінійних рівнянь при розрахунку матеріального балансу синтезу метанолу.

11. Методи газифікації твердих палив, переваги і недоліки. Принцип реалізації рівноважних і матеріальних розрахунків в пакеті MathCad.

12. Методи газифікації рідких палив, переваги і недоліки. Принцип реалізації рівноважних, матеріальних і теплових розрахунків в пакеті MathCad.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Склали:** доценти кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології:

к.т.н. доц. Концевой А.Л.

к.т.н. доц. Концевой С.А.

**Ухвалено кафедрою ТНРВ та ЗХТ (протокол №29 від 28.06.2023)**

**Погоджено Методичною комісією ХТФ (протокол №9 від 25.05.2023)**