


**Національна академія наук України**

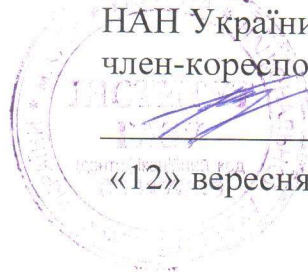
ІНСТИТУТ ГАЗУ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Інституту газу  
НАН України  
член-кореспондент НАН України

 Г.В. Жук

«12» вересня 2024 р.



**Тепломасообмін і гідродинаміка**  
**в технологічному устаткуванні**

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ**

підготовки \_\_\_\_\_ доктора філософії

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 144 “Теплоенергетика”

(шифр і назва)

Ухвалено Вченою радою Інституту газу  
НАН України

Протокол № 7 від 12 вересня 2024 року

Голова \_\_\_\_\_ Г.В. Жук

(підпис)

(ініціали, прізвище)

12.09.2024 року

Вводиться в дію з « 01 » жовтня 2024 року.

КИЇВ – 2024

Робоча програма кредитного модуля «Тепломасообмін і гідродинаміка в технологічному устаткуванні» для аспірантів за спеціальністю 144 “Теплоенергетика”, галузі знань 14 «Електрична інженерія», третього освітньо-наукового рівня доктор філософії в галузі електричної інженерії, за денною/заочною формою навчання складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Тепломасообмін і гідродинаміка в технологічному устаткуванні»

#### РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Завідувач відділу, старший дослідник, кандидат технічних наук О.І.Ховавко

(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

## 1. Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр і назва)	Назва навчальної дисципліни, до якої належить кредитний модуль <u>«Тепломасообмін і гідродинаміка в технологічному устаткуванні»</u>	Форма навчання <u>денна / заочна</u>
Спеціальність <u>144 «Теплоенергетика»</u>	Кількість кредитів ECTS – <u>1</u>	Статус кредитного модуля <u>Нормативна частина підготовки</u>
Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>доктор філософії</u>	Кількість розділів – <u>4</u>	Цикл до якого належить кредитний модуль <u>Професійної підготовки</u>
	Індивідуальне завдання <u>Розрахункова робота</u> (вид)	Рік підготовки: 2-й і 3-й. Семестр: 4-й і 5-й.
	Загальна кількість <u>30</u> год.	Лекції <u>5</u> год. Практичні (семінарські) <u>15</u> год.
	Тижневих годин: аудиторних – 1,0 СРА – 0,5 (семестр триває 10 тижнів)	Самостійна робота <u>10</u> год. У тому числі на виконання індивідуального завдання <u>10</u> год. Вид та форма семестрового контролю: <u>Диференційований залік</u>

Кредитний модуль «Тепломасообмін і гідродинаміка в технологічному устаткуванні» входить до нормативної частини загальної підготовки та має важливе значення у підготовці фахівця з теплоенергетики. У структурно-логічній схемі програми підготовки з даного напрямку навчальна дисципліна «Тепломасообмін і гідродинаміка в технологічному устаткуванні» забезпечує інші навчальні дисципліни у програмі підготовки фахівця, які потребують знань, щодо тепломасообміну і гідродинаміки в технологічному устаткуванні.

Загальний курс кредитного модуля «Тепломасообмін і гідродинаміка в технологічному устаткуванні» становить невід'ємну складову наукової та інженерної освіти спеціаліста з теплоенергетики.

## 2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування у аспірантів здатностей:

- логічного мислення, розвиток інтелектуальних здібностей;
- виховання у здобувачів науково-технічної культури, необхідної ерудиції та інтуїції у питаннях прикладного застосування науково-технічних знань;
- застосування методологічних знань у розв'язанні інженерних розрахунків;
- доводити розв'язок задачі до практично прийнятного результату – числа, графіка, якісного висновку із застосуванням довідників, таблиць, обчислювальних засобів;
- самостійно вивчати літературу з дисципліни «Тепломасообмін і гідродинаміка в технологічному устаткуванні»;
- вироблення навичок аналізувати, узагальнювати і застосовувати одержані результати.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

### **знання :**

- основних законів теплопередачі, особливостей теплопередачі в теплотехнічних агрегатах залежно від їх призначення;
- застосування теорії подібності для моделювання теплових процесів;
- теплообмін при наявності хімічних реакцій;
- теплообмін в киплячому та фонтануючому шарі;
- теплообмін при конденсації, контактний теплообмін;
- нестационарна теплопровідність.

### **уміння:**

- у здійсненні аналізу теплових процесів і створенні нових технологій та апаратури для їх реалізації стосовно до засобів теплового захисту теплових агрегатів;
- створення установок на основі контактного теплообміну, зокрема конденсаційних котлів;
- використовувати знання особливостей теплообміну в розплавах для розроблення установок газифікації органічних сполук;

### **досвід:**

- навчитися працювати з інформаційними ресурсами, підручниками, довідниками та інш.;
- навчитися розв'язувати технічні задачі, одержані в результаті математичного моделювання процесів;
- використовувати методи тепломасообміну і гідродинаміки в технологічному устаткуванні при розв'язуванні наукових, технологічних, управлінських та інших задач.

**Інтегральна компетентність:** Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у теплоенергетичній галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

### **Загальні компетентності, яких набуває здобувач:**

**ЗК01.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

**ЗК03.** Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного світогляду із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

### **Спеціальні (фахові) компетентності, яких набуває здобувач:**

**С(Ф)К01.** Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках

**С(Ф)К04.** Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень

**С(Ф)К05.** Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, проявляти лідерство під час їх реалізації.

**С(Ф)К06.** Здатність розуміти сучасні проблеми науково-технічного та екологічного аспектів розвитку енергетики, знати сучасні технології енерго-, еколого- та ресурсозбереження.

### **Програмні результати навчання (ПРН):**

**ПРН01.** Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримувати нові знання та/або здійснювати інновації.

**ПРН05.** Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів із використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

**ПРН06.** Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні

проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

**ПРН09.** Проводити критичний аналіз різних інформаційних джерел конкретних освітніх, наукових та професійних текстів в сфері обраної спеціальності; вміння виявляти теоретичні та практичні проблеми, а також дискусійні питання в конкретних освітніх, наукових та професійних текстах в сфері теплоенергетики, критично сприймати та аналізувати чужі думки та ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми.

**ПРН14.** Знати основні закони теплопередачі, особливості теплопередачі у тепло-технічних агрегатах в залежності від їх призначення. Застосовувати теорію подібності для моделювання теплових процесів. Теплообмін при наявності хімічних реакцій. Знати теорію теплообміну у киплячому та фонтануючому шарі, теплообміну при конденсації та теорію контактного теплообміну і нестационарної теплопровідності.

Вміти здійснювати аналіз теплових процесів і створювати нові технології та апаратуру для їх реалізації стосовно засобів теплового захисту теплових агрегатів. Створювати установки на основі контактного теплообміну, зокрема конденсаційних котлів. Використовувати знання особливостей теплообміну в розплавах для розроблення установок газифікації органічних сполук.

### 3. Структура кредитного модуля

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практ. (семін.)	Лаборант. (комп.пр.)	СРА
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 1. Класифікація процесів й апаратів хімічної технології .</b>					
<i>Тема 1.1.</i> Класифікація процесів й апаратів хімічної технології на основі термодинамічних та кінетичних закономірностей	2	1	1		
<i>Тема 1.2.</i> Основні принципи розрахунку апаратів хімічної технології	2	1	1		
<b>Розділ 2. Основи гідромеханіки</b>					
<i>Тема 2.1.</i> Основні поняття гідродинаміки. Матеріальний баланс потоку (рівняння нерозривності потоку). Енергетичний баланс потоку. Режими руху вязкої рідини. Основні поняття теорії подоби.	2	1	1		

<b>Тема 2.2.</b> Рух рідин по трубопроводах. Витікання рідин через отвори й водозливи. Плівкова течія рідин. Рух тіл у рідині. Рух рідин через зернистий і пористий шари. Гідравліка киплячого (псевдозрідженого) шару	2	1	1		
<b>Тема 2.3.</b> Контроль параметрів рідин і газів. Прилади для вимірювання рівня рідини, тиску рідини й газу, витрати рідини й газу.	2	1	1		
<b>Розділ 3. Основи теплопередачі</b>					
<b>Тема 3.1.</b> Загальні відомості. Рівняння теплового балансу. Визначення теплового навантаження апарата при нагріванні й охолодженні без зміни агрегатного стану, при зміні агрегатного стану.	2		2		
<b>Тема 3.2.</b> Рівняння передачі тепла. Рівняння теплопровідності. Рівняння передачі тепла конвекцією. Передача тепла через стінку. Визначення температури стінки.	2		2		
<b>Тема 3.3.</b> Теплопередача при перемінних температурах. Напрямок току теплоносіїв. Середній температурний напір.	3		1		2
<b>Тема 3.4.</b> Конвекція. Різні види конвекції. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі на основі критеріальних рівнянь.	2		1		2
<b>Тема 3.5.</b> Променистий теплообмін. Теплообмін випромінюванням між тілами. Випромінювання газів. Спільна передача тепла конвекцією й випромінюванням. Втрати тепла в навколишнє середовище.	3		1		2

<b>Розділ 4. Основні поняття масообмінних процесів</b>					
<i>Тема 4.1.</i> Класифікація масообмінних процесів. Масообмін при відсутності рівноваги. Масообмін між фазами в системі «рідина – газ (пара)». Матеріальний баланс.	3		1		2
Тема 4.2. Основні принципи розрахунку масообмінних апаратів. Аналітичний розрахунок геометричних розмірів апарата.	3		1		2
Диференційовний залік	2		2		
<b><i>ВСЬОГО</i></b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>15</b>		<b>10</b>



#### 4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів <sup>1</sup> , посилання на літературу та завдання на СРА)
1	<b>Класифікація процесів й апаратів хімічної технології.</b> Термодинамічна та кінетична закономірність класифікації. Основні принципи розрахунку апаратів хімічної технології <i>Рекомендована література</i> [Базова – 1,2; Допоміжна – 1-4]
2	<b>Основи гідромеханіки, основи теплопередачі.</b> Матеріальний баланс потоку. Енергетичний баланс потоку. Основні поняття теорії подоби. Рівняння теплового балансу. Контроль параметрів рідин і газів. Рівняння теплового балансу. Рівняння передачі тепла. Рівняння теплопровідності. Рівняння передачі тепла конвекцією. <i>Рекомендована література</i> [Базова – 1,2,4; Допоміжна – 2-5]
3	<b>Основні поняття масообмінних процесів.</b> Класифікація масообмінних процесів. Матеріальний баланс. Основні принципи розрахунку масообмінних апаратів. Аналітичний розрахунок геометричних розмірів апарата. <i>Рекомендована література</i> [Базова – 2-5; Допоміжна – 4-6]

#### 5. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: навчитися застосовувати теоретичні знання до розв'язування практичних задач, виробити навички роботи з інформаційними ресурсами і оволодіти методами «Тепломасообміну і гідродинаміки в технологічному устаткуванні» для розв'язування задач, що виникають в результаті моделювання фізико-технічних та хіміко-технологічних процесів.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення <sup>2</sup> , посилання на літературу та завдання на СРА)
1	<b>Теплообмінники.</b> Технологічний розрахунок теплообмінних апаратів, тепловий баланс теплообмінного апарата. <i>Рекомендована література:</i>

<sup>1</sup> Основними дидактичними засобами на лекції є дошка, крейда. Технічних засобів проведення лекцій не передбачено.

<sup>2</sup> Проведення практичних занять не передбачає застосування технічних дидактичних засобів. Основними дидактичними засобами на практичних заняттях є конспект лекцій, підручник, збірник задач.

2	<b>Теплообмінники.</b> Розрахунок поверхні теплообмінного апарату і теплового навантаження, проектний та перевірочний розрахунки. <i>Рекомендована література:</i>
3	<b>Ректифікаційні колони.</b> Матеріальні і теплові баланси, розрахунок температури в основних перерізах колони, розрахунок переливних пристроїв. <i>Рекомендована література:</i> 3, 4, 5, 6.
4	<b>Ректифікаційні колони.</b> Гідравлічний розрахунок насадкової колони, розрахунок швидкості пари в колоні, розрахунок опору насадкової колони. <i>Рекомендована література:</i> 3, 4, 5, 6.
5	<b>Трубчасті печі.</b> Гідравлічний розрахунок зміювика трубчастої печі, розрахунок газового опору і тяги, розрахунок поверхонь нагріву радіантної та конвективної секцій зміювика. <i>Рекомендована література:</i> 3, 4, 5, 6.
6	<b>Трубчасті печі.</b> Технологічний розрахунок трубчастих печей Розрахунок нагрівальної печі. Розрахунок нагрівальної реакційної печі. <i>Рекомендована література:</i> 3, 4, 5, 6.
7	<b>Екстракційна апаратура.</b> Розрахунок основних розмірів екстракційної колони, розрахунок числа теоретичних робочих тарілок екстракційної колони. <i>Рекомендована література :</i> 3, 4, 5, 6.
8	<b>Рівновага фаз.</b> Розрахунок констант фазової рівноваги, аналітичний розрахунок процесу одноразового випаровування. <i>Рекомендована література:</i> 3, 4, 5, 6.
9	<b>Залік</b>

## 7. Самостійна робота

Завдання на самостійну роботу аспіранта визначається лектором індивідуально за наслідками засвоєння тем лекцій та практичних (семінарських занять).

## 8. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання складаються з розрахункової роботи «*Тепломасообмін і гідродинаміка в технологічному устаткуванні*».

Основна ціль розрахункової роботи: закріпити знання, одержані на лекційних і практичних заняттях, продемонструвати вміння самостійно розв'язувати поставлені задачі.

Розрахункова робота передбачає вирішення аспірантами певної практичної задачі з матеріалу усього кредитного модуля на основі засвоєння теоретичного матеріалу, включає певний ілюстраційний матеріал і сприяє поглибленому засвоєнню методів розв'язку типових фізико-технічних та хіміко-технологічних задач, що мають прикладне значення. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи [5] є додатком до даної робочої програми та знаходяться у керівника відділу термохімічних процесів та нанотехнологій..

## 11. Рейтингова система оцінювання

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

1. Поточну роботу на семінарських заняттях: **40** балів (за 10-бальною шкалою) 4 відповіді (кожного аспіранта в середньому) на 6 практичних заняттях

$$(b_{занять} \times 4_{аспіранта}) / b_{макс. кількість аспірантів на семінарі} = 4_{відповіді}$$

2. Виконання МКР: **45** балів.

3. Виконання РГР: **15** балів

$$RD = 40 + 45 + 15 = 100 \text{ балів}$$

**Теплові процеси.** Теплові баланси. Основне рівняння теплопередачі. Передача тепла теплопровідністю.

*Рейтинг:* РГР- 4 б., ПР-10 б.

**Масообмінні процеси.** Рівновага при масопередачі. Абсорбція. Екстракція. Перегонка рідин. Адсорбція.

*Рейтинг:* РГР- 4 б., ПР-10 б.

**Механічні процеси.** Фізико-механічні основи дроблення. Щекові дробарки. Валкові дробарки. Барабанні млини. Кільцеві млини.

*Рейтинг:* РГР- 4 б., ПР-10 б.

**Холодильні процеси.** Адсорбційні холодильні машини. Компресорні парові холодильні машини. Теплові насоси.

*Рейтинг:* РГР- 3 б., ПР-10 б.

#### 1. Робота на практичних (семінарських) заняттях

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює 10 балів x 4 відповіді = 40 балів.

*Критерії оцінювання*

- «Відмінно», повна і вичерпна відповідь ( не менше 90% потрібної інформації) – 5 балів.
- «Добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 4 балів.
- «Задовільно», неповна відповідь ( не менше 60% потрібної інформації)– 3 балів.
- «Незадовільно», в усіх інших випадках – 0 балів.

#### 2. Модульна контрольна робота *Тепломасообмін і гідродинаміка в технологічному устаткуванні*

Контрольна робота складається з 5 задач.

Ваговий бал – 9. Максимальна кількість балів – 45.

1. Теплові баланси – 9 балів
2. Нестационарний теплообмін – 9 балів
3. Гідродинаміка киплячих (псевдозріджених) зернистих шарів. –9 балів
4. Гідравлічний опір в трубопроводах – 9 балів
5. Основні параметри насосів – 9 балів

*Критерії оцінювання.*

- «Відмінно», повна і вичерпна відповідь ( не менше 90% потрібної інформації) – 9-8 балів.
- «Добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 7-6 балів.
- «Задовільно», неповна відповідь ( не менше 60% потрібної інформації)– 5,5 балів.
- «Незадовільно», в усіх інших випадках – 0 балів.

За умови правильного виконання **менше 60%** усіх завдань за модульну контрольну роботу нараховується **0** балів.

*Штрафні бали:* знімається по 1 балу за відсутність без поважної причини на практичних заняттях або невідповідність до них, за несвоєчасно здану домашню контрольну роботу (максимально 5 балів).

*Заохочувальні бали:* додається по 1 балу за удосконалення дидактичного матеріалу, що відповідає одній лекції (практичному заняттю) курсу або активну участь у роботі на практичному занятті (максимально 5 балів). За участь у наукових конференціях додається 1 бал, виступу із доповіддю – 3 бали, публікацію статті – 5 балів.

#### Допуск до заліку:

Аспірант допускається до заліку у випадку, якщо за семестр набрано не менше 40 балів і має хоча б одну позитивну атестацію.

Аспірант, який набрав протягом семестру 60 і більше балів має можливість:

- отримати залікову оцінку «автоматом» відповідно до набраного рейтингу;
- виконувати залікову письмову роботу з метою підвищення оцінки;
- у разі отримання оцінки, вищої ніж семестровий рейтинг, аспірант отримує оцінку за результатом письмової залікової роботи;
- у разі отримання оцінки, меншої ніж семестровий рейтинг, застосовується жорстка РСО – попередній рейтинг скасовується і аспірант отримує оцінку за результатом письмової залікової роботи.

Аспірант, який набрав протягом семестру менше 60 балів зобов'язаний виконувати залікову письмову роботу.

Оцінка письмової залікової роботи здійснюється за окремою шкалою.

#### 4. Письмова залікова робота.

Ваговий бал – 20. Максимальна кількість балів 20 балів x 5 завдань = 100 балів.

- Теоретичне питання – 20 балів
- Тепломасообмін – 20 балів
- Гідравлика – 20 балів
- Промислові печі – 20 балів
- Ректифікаційні колони – 20 балів

#### *Критерії оцінювання*

- «Відмінно», повна і вичерпна відповідь ( не менше 90% потрібної інформації) – 20-18 балів.

- «Добре», є несуттєві помилки (не менше 75% потрібної інформації) – 17-15 балів.
- «Задовільно», є певні помилки і недоліки ( не менше 60% потрібної інформації)– 14-12 бал.
- «Незадовільно», в усіх інших випадках – 0 балів.

### Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 40+60 = 100 \text{ балів.}$$

### Умови позитивної проміжної атестації

На першій атестації (8 тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50% можливих на даний момент балів.

На другій атестації (14 тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50% можливих на даний момент балів.

Відповідність між балами шкали ECTS та традиційними оцінками:

Рейтинг	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
Від 95 до 100	A – відмінно	відмінно
Від 85 до 94	B – дуже добре	добре
Від 75 до 84	C – добре	
Від 65 до 74	D – задовільно	задовільно
Від 60 до 64	E – достатньо	
Від 40 до 59	FX – незадовільно	незадовільно
Від 0 до 39	F – незадовільно, потрібна додаткова робота	Не допущено

## 12. Методичні рекомендації

Послідовність вивчення тем та їх розподіл узгоджуються із викладачами суміжних дисциплін. Строгість та детальність викладання розділів та тем навчальної програми вирішується відділом.

### 12.1 Методика вивчення кредитного модуля

На початку викладання лекційного матеріалу з нової теми бажано дати цілісну і повну характеристику розділу і теми, навести ключові слова і основні поняття, які розглядатимуться. Далі деталізувати матеріал, навести строгі означення, сформулювати принципи та положення з даної теми і, по можливості, обґрунтувати. Запропонувати аспірантам деякі факти обґрунтувати самостійно. Проілюструвати теоретичний матеріал прикладами. Звернути особливу увагу на ключові моменти обґрунтування.

### 12.2. Рекомендації, щодо забезпечення наочності навчальних занять

**12.2.1.** Для забезпечення наочності лекцій можливо навести приклади відповідних практичних застосувань стосовно матеріалу, що вивчається. Використовувати знаково-символічні засоби – формули, графіки, рисунки, що дає змогу виокремити суть предмета вивчення, тобто сприяє розвитку мислення й уяви.

**12.2.2.** На початку практичних занять необхідно повторити ключові означення і поняття з теоретичного матеріалу, користуючись конспектом лекцій, підручником чи посібником. Спираючись на приклади, наведені у лекціях, індивідуально розв'язувати задачі, які пропонує викладач зі збірників або методичних рекомендацій до практичних робіт. На початку або вкінці практичного заняття можливо провести невелику самостійну роботу. Результати оголосити на наступному занятті.

### **12.3. Застосування нових технологій навчання**

Використання комп'ютерних технологій допоможе аспіранту у перевірці правильності виконання задач, а також пошуку додаткової інформації для їх розв'язування.

### **12.4. Використання методичних прийомів і засобів, рекомендацій щодо методики проведення занять**

Доречно пропонувати аспірантам самостійно розглянути деякі питання теми лекції, вказати підручники та інформаційні ресурси, де можливо поглиблено ознайомитись з введеними поняттями, навести історичні факти, які призвели до появи нових понять.

Кожне практичне заняття проводиться тільки після розгляду відповідної теми на лекції. За спільного бажання аспірантів і лектора можливе проведення проблемної лекції або лекції у формі наукового диспута.

Домашня контрольна робота та норми її оцінювання видаються аспірантам завчасно. Прийом роботи здійснюється до кінця терміну, зазначеного викладачем. Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи додаються до робочої навчальної програми.

## **13. Рекомендована література**

### **13.1. Базова**

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, – 1973
2. Лыков А.В. Тепломассообмен: [справочник] М.: Энергия, 1978. —
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, –1987
4. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник под ред. Е.Н.Суслова. М: Химия- 1979
5. Процеси та апарати хімічних виробництв 1. Технічна гідравліка. Основи теплопередачі. Теплообмінне обладнання Метод. вказівки до виконання розрахункової роботи студентів з дисципліни «Процеси та апарати хімічних виробництв» для студентів галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія/ Укладач: Т.Б. Шилович. – К.: НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», 2016.
6. Процеси і апарати хімічних виробництв. Міністерство освіти і науки України «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника». Електрон-

ний ресурс: [https://kc.pnu.edu.ua > uploads > sites > 2021/02](https://kc.pnu.edu.ua/uploads/sites/2021/02)

7. Исаченко В.П.,Осипова В.А.,Сукомел А.С. Теплопередача М.: «Энергоиздат».-1981

8. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена М.: Атомиздат, 1979. – 416с.