



## Кінетика фазових перетворень в енергетичному обладнанні Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	143 Атомна енергетика
Освітня програма	Атомна енергетика
Статус дисципліни	Нормативна, навчальні дисципліни для здобуття глибинних знань зі спеціальності
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити, 120 годин, 54 години лекцій, 66 годин СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Модульна контрольна робота, екзамен
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викла- дачів	Лектор: д.т.н., Кравець Володимир Юрійович, <a href="mailto:kavet_kpi@ukr.net">kavet_kpi@ukr.net</a> Практичні / Семінарські: не передбачено Лабораторні: не передбачено
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс: <a href="https://do.ipo.kpi.ua/mod/resource/view.php?id=90678">https://do.ipo.kpi.ua/mod/resource/view.php?id=90678</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

При вивчені курсу «Кінетика фазових перетворень в енергетичному обладнанні» програма спрямована на формування таких компетентностей здобувачів вищої освіти третього рівня, що уможливлюють їх всебічний професійний, інтелектуальний, соціальний та творчий розвиток з урахуванням нових реалій і викликів сьогодення для здійснення інженерної, науково-дослідницької та інноваційної (в т.ч. міжнародної) діяльності. Здобувачі вищої освіти третього рівня мають можливість здобути знання із суміжних галузей, опанувати сучасні комп’ютерні засоби проектування та моделювання процесів та інші освітні компоненти завдяки можливості формування гнучкої індивідуальної траєкторії навчання.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які аспірант набуде після вивчення дисципліни:

Здатність формулювати наукову проблему (задачу), що має теоретичне та практичне значення в галузі енергетичного машинобудування, визначати шляхи її вирішення із залученням сучасних теоретичних та експериментальних методів та інформаційних технологій ФК5

Здатність до досягнення підсумкової мети дослідження - практичного впровадження або перспективи такого в ракурсі теоретичної науки. ФК6

Здатність використовувати новітні досягнення сучасної науки і передових технологій в наукових дослідженнях. ФК8

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

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

На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень 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 у галузі атомної енергетики з дотриманням норм академічної етики.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Для засвоєння матеріалу дисципліни необхідні знання з теплообміну та гідродинаміки. Дисципліни, які базуються на результатах навчання з даної дисципліни: Моделювання тривимірних задач гідродинаміки і теплообміну в енергетичному устаткуванні; дисципліни за темою дисертації (вибіркові компоненти освітньої програми).

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Фізика процесів генерації парової фази**

#### **Тема 1.1. Механізм процесу теплообміну при пузирковому та плівковому кипінні**

Виникнення, зріст і відрив парової бульки на гладкої поверхні. Інтенсивність теплообміну при кипінні у великому об'ємі та в замкненій випаровувально-конденсаційної системі. Теплообмін при плівковому кипінні.

### **Розділ 2. Основи теорії замкнених випаровувально-конденсаційних систем**

#### **Тема 2.1. Класифікація та основні відомості про випаровувально-конденсаційні системи**

Принцип роботи випарно-конденсаційних систем. Процеси, що мають місце в тепловій трубі. Класифікація за принципом роботи (Теплові труби. Термосифони. Контурні теплові труби. Газорегульовані теплові труби. Пульсаційні теплові труби). Класифікація за типом капілярної структури (Порошкові теплові труби. Теплові труби із сітчастою капілярною структурою. Канавчасті теплові труби. Теплові труби із металоволокневою капілярною структурою) Класифікація за робочим температурним діапазоном (Низькотемпературні. Середньотемпературні. Високотемпературні). Матеріали, що використовуються при виготовленні теплових труб. Теплоносії, їх характеристики, межі застосування. Область використання випарно-конденсаційних систем.

#### **Тема 2.2. Основні характеристики випаровувально-конденсаційних систем**

Термічний опір теплової труби, термосифона, його складові. Залежність термічного опору від характеристик теплової труби, пористої структури, робочих параметрів. Максимальна тепlopereдавальна здатність теплових труб. Явища, що спричиняють виникнення кризових явищ у тепловій трубі. Вплив на тепlopereдавальні характеристики теплових труб різного типу геометричних та режимних параметрів. Основні характеристики пористих структур. Вплив характеристик пористої структури на процеси, що протікають всередині теплової труби. Особливості процесів переносу рідини і кипіння у пористій структурі. Розрахунок робочих характеристик теплової труби в залеж-

ності від робочих параметрів. Капілярне обмеження передаваної потужності. Обмеження, пов'язані із кризою кипіння. Знос теплоносія із пористої структури. Обмеження по досягненню швидкості звуку у паровому каналі. Методика підбору геометричних параметрів теплової трубы, що забезпечать необхідні робочі характеристики.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении/ В.И. Толубинский – К.: Наук.думка, 1980 – 316 с.
2. Семена М.Г. Тепловые трубы с металловолокнистыми капиллярными структурами/ М.Г. Семена, А.Н.Гершуни, В.К. Зарипов – К: Вища шк., 1984 – 215 с
3. Безродный М.К. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика / М.К.Безродный, И.Л.Пиоро, Т.О. Костюк – К: Факт, 2005. – 704 с.
4. Кравець В.Ю Процеси теплообміну у мініатюрних випарно-конденсаційних системах охолодження/ В.Ю. Кравець – Харків. ФОП Бровін О.В., 2018.

##### Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література.

5. Исаченко В.П. Теплопередача: Учебник для вузов/ В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
6. Петухов Б.С. Теплообмен в ядерных энергетических установках/ Б.С. Петухов, Л.Г. Генин, С.А. Ковалев - М.: Энергоатомиздат, 1986, - 470с.
7. Галин Н.М. Термолассообмен (в ядерной энергетике)/ Н.М. Галин, П.Л. Кириллов - М.: Энергоатомиздат, 1987, - 376с
8. Дан П.Д. Тепловые трубы. Перевод с английского Ю.А. Зейгарника. / П.Д. Дан, Д.А. Рей – М.: Энергия. – 1979. – 272 с.
9. Ивановский М.Н. Физические основы тепловых труб / М.Н. Ивановский, В.П. Сорокин, И.В. Ягодкин. – М.: Атомиздат, 1978. – 256 с.
10. Кравец В.Ю. Влияние количества витков на термическое сопротивление пульсационных тепловых труб / В.Ю. Кравец, Е.С. Алексеик, О.Ю. Аполлоніна // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2012. – Вып. 2/8(56), с.54-57.
11. Кравец, В. Ю. Пульсационные явления в закрытых двухфазных термосифонах / В.Ю. Кравец, Е. Н. Письменный, В. И. Коньшин // Збірник наук. праць СНУЯЕ та П, Севастополь 2009. – Випуск 4(32) – с. 39 – 46.
12. Двайер О. Теплообмен при кипении жидких металлов/ О. Двайер– М: Мир, 1980. – 516с.
13. Делайе Дж. Теплообмен и гидродинамика в атомной и тепловой энергетике. /Пер. с англ. Под ред. П.Л. Кириллова / Дж. Делайе, М. Гио, М. Ритмюллер - М.: Энергоатомиздат, 1984, - 422с.
14. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании/ А.М. Кутепов, Л.С. Стерман, Н.Г. Стюшин - М.: Высшая школа, 1986, - 448с.
15. Саркисов А.А. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводящих установок/ А.А. Саркисов, В.Н. Пучков - М.: Энергоатомиздат, 1989, - 504с.
16. Дейч М.Е., Зарянкин А.Е. Гидрогазодинамика: Учеб. пособие для вузов/ М.Е. Дейч, А.Е. Зарянкин – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 384с.

#### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

##### Лекційні заняття

##### Розділ 1. Фізика процесів генерації парової фази

##### **Тема 1.1. Механізм процесу теплообміну при пузирковому та плівковому кипінні**

**ЛЕКЦІЯ 1.** Закономірність зародження, зростання, відриву та руху парових бульбашок.

Література: [1] гл.2, стор. 16-45.

**СРС:** Формула Лапласа для балансу сил, що діють на парову бульбашку.

Література: [12] гл. 1, стор.18-21.

**ЛЕКЦІЯ 2.** Динаміка зростання бульбашок, що зростають в об'ємі рідини.

Література: [1] гл.3, стор. 45-57.

**СРС:** Швидкість зростання парових бульбашок на твердій поверхні.

Література: [12] гл. 3 стор.207-211.

**ЛЕКЦІЯ 3.** Пульсації температури поверхні під паровою бульбашкою при її зростанні.

Література: [1] гл.5, стор. 128-135.

**ЛЕКЦІЯ 4.** Відривні діаметри парових бульбашок при кипінні однокомпонентної рідини.

Література: [1] гл.4, стор. 69-81. [12] гл. 3 стор.222-230.

**ЛЕКЦІЯ 5.** Сили, які розвиває між фазна поверхня парової бульбашки при її зростанні.

Література: [4] гл.2, стор. 88-100.

**ЛЕКЦІЯ 6.** Фактори, що визначають температурний режим поверхонь нагріву в стислих умовах пароутворення

Література: [4] гл.1, стор.12-21.

**ЛЕКЦІЯ 7.** Умови пароутворення в пористій поверхні.

Література: [4] гл.2, стор. 46-83

**ЛЕКЦІЯ 8.** Вплив деяких факторів на інтенсивність теплообміну при пузирковому кипінні (тиск, рівень гравітації, висота рівня рідини, орієнтація у просторі, шорсткість).

Література: [6] гл. 11, стр. 328-353;

**СРС:** Розрахункові формули.

Література: [14] гл.7, стр. 204-213;

**ЛЕКЦІЯ 9.** Вплив швидкості рідини і паровмісту потоку на інтенсивність теплообміну при пузирковому кипінні. Процеси теплообміну в дисперсно-кільцевому потоці. Інтенсивність теплообміну при кипінні в умовах направленого руху рідини.

Література: [14] гл.8, стр. 225-231; [7] гл. 6, стр. 259-281.

**СРС:** Теплообмін при кипінні рідини, що не дogrіта до температури насыщення.

Література: [7] гл. 6, стр. 273-275.

**ЛЕКЦІЯ 10.** I Механізм кризи тепловіддачі при кипінні теплоносія на занурених поверхнях тепловіддачі. Теплова та гідродинамічна теорії кризи теплообміну при кипінні рідини на занурених поверхнях теплообміну.

Література: [7] гл. 6, стр. 248-255.

**СРС:** Нестійкість по Гельмгольцу. Нестійкість по Тейлору.

Література: [11] гл.6, стр. 422-430;

**ЛЕКЦІЯ 11.** Вплив режимних параметрів на критичний тепловий потік при кипінні насыченої рідини. Рівняння для розрахунку критичної густини теплового потоку.

Література: [14] гл.10, стр. 271-278; [7] гл. 6, стр. 281-303.

**СРС:** Вплив недогріву рідини до температури насыщення на критичну густину теплового потоку.

Література: [14] гл.10, стр. 278-280.

**ЛЕКЦІЯ 12.** Природа кризи теплообміну при кипінні в каналах. Криза теплообміну другого роду при кипінні у круглих трубах.

Література: [14] гл.11, стр. 283-315; [14] гл.12, стр. 315-327.

**СРС:** Криза теплообміну другого роду у кільцевих каналах.

Література: [14] гл.12, стр. 327-329

**ЛЕКЦІЯ 12.** Модульна контрольна робота. 1частина

### Розділ 2. Основи теорії замкнених випаровувально-конденсаційних систем

**Тема 2.1. Класифікація та основні відомості про випаровувально-конденсаційні системи.**

**ЛЕКЦІЯ 14.** Принцип роботи випарно-конденсаційних систем. Процеси, що мають місце в тепловій трубі. Класифікація теплових труб: за принципом роботи, за типом капілярної структури; за робочим температурним діапазоном.

Література: ( 2 ) с. 7-14; (5) с. 10-14.

**ЛЕКЦІЯ 15.** Матеріали, що використовуються при виготовленні теплових труб. Теплоносії, їх характеристики, межі застосування. Теплофізичні основи вибору теплоносіїв для теплових труб.

Література: ( 2 ) с. 12-14; ( 7 ) с. 78-83, ( 8 ) с. 8 – 14.

**ЛЕКЦІЯ 16.** Капілярні структури: Порошкові, сітчасті, металоволокневі. Особливості виготовлення. Переваги та недоліки.

Література: ( 8 ) с. 21 – 32; ( 7 ) с. 83 - 90.

**ЛЕКЦІЯ 17.** Звичайні теплові труби. Мініатюрні і мікротеплові труби. Конструкція. Особливості роботи. Газорегульовані теплові труби. Контурні теплові труби. Пульсаційні теплові труби. Конструкція. Особливості роботи.

Література: ( 2 ) с. 144-171; ( 8 ) с. 17 – 22.

**ЛЕКЦІЯ 18.** Термосифони. Конструкції. Особливості виготовлення. Переваги та недоліки. Область використання.

Література: ( 4 ) с.109 – 168

### ***Тема 2.2. Основні характеристики випаровувально-конденсаційних систем.***

**ЛЕКЦІЯ 19.** Геометричні та транспортні характеристики капілярно-пористих структур. Ефективний діаметр пір. Проникність.

Література: ( 2 ) с. 46 – 73, ( 8 ) с. 17 – 22.

**ЛЕКЦІЯ 20.** Термічний опір теплової труби, термосифона, його складові. Залежність термічного опору від геометричних та режимних параметрів.

Література: ( 1 ) с. 83 – 95, ( 8 ) с. 17 – 22.

**ЛЕКЦІЯ 21.** Явища, що спричиняють виникнення кризових явищ у тепловій трубі. Вплив геометричних та режимних параметрів на тепlop передавальні характеристики теплових труб.

Література: ( 9 ) с. 39 – 46.

**ЛЕКЦІЯ 22.** Пульсаційні явища в двофазних термосифонах.

Література: ( 11 ) с. – с. 39 – 46..

**ЛЕКЦІЯ 23.** Тепlop передавальні характеристики пульсаційних теплових труб в залежності від робочих параметрів.

Література: ( 4 ) с. 218-251.

**ЛЕКЦІЯ 24.** Максимальна тепlop передавальна здатність теплових труб. Капілярне обмеження потужності, яка передається. Рівняння балансу тисків у тепловій трубі.

Література: ( 2 ) с. 104-111.

**ЛЕКЦІЯ 25.** Теплообмін в зоні випаровування теплових труб.

Література: ( 4 ) с. 170-217.

**ЛЕКЦІЯ 26.** Коефіцієнт заповнення в термосифонах. Його вплив на максимальний тепловий потік і термічний опір.

Література: ( 4 ) с. 136-168.

**ЛЕКЦІЯ 27.** Модульна контрольна робота. 2 частина

## **6. Самостійна робота аспіранта**

### ***Теми самостійної роботи до лекційних занять:***

1. Інтенсивність теплообміну при кипінні у великому об'ємі. Теплообмін при плівковому кипінні.

Література: [3] гл. 6, стор.234-259.

2. Поняття про гідродинамічну стійкість системи паралельних парогенеруючих каналів.

Література: [5] стор.7-9.

3. Інтенсивність теплообміну при кипінні на пористій поверхні

Література: [4] гл.4, стор. 116-130.

4. Поверхневий натяг і поверхнева енергія. Теплові труби зі складеною та комбінованою капілярною структурою.

Література: (4) с. 24-29, ( 12 ) с.23-24.

5. Сумісність корпусу теплових труб та теплоносіїв.

Література: ( 7 ) с. 94- 104.

6. Комбіновані капілярні структури.

Література: ( 5 ) с. 12-14.

7. Баланс тиску в теплових трубах. Умова роботи пульсаційної теплової труби.

Література: ( 12 ) с.33 – 36. ( 10 ) с.142 – 149.

8. Максимальний капілярний тиск. Вплив пористості капілярної структури на термічний опір

Література: [5] гл. 1, стор.14-15, ( 4 ) с. 47 – 53, ( 8 ) с. 17 – 22.

9. Вплив пористості капілярної структури і довжин зон теплообміну на максимальні теплові потоки.

Література: ( 8 ) с. 17 – 22.

10. Амплітуда температурних пульсацій в зоні нагріву термосифона. Вплив кута нахилу на максимальний тепловий потік.

Література: ( 9 ) с. 39 – 46. ( 6 ) с. 233-234.

11. Вплив кількості витків на максимальний тепловий потік.

Література: ( 12 ) с. 54-57.

12. Зміна тиску пари по довжині труби. Вплив теплофізичних характеристик теплоносіїв на коефіцієнт тепловіддачі

Література: ( 7 ) с. 196 – 198. ( 11 ) с.2 – 22.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- обов'язкове відвідування лекцій, а також готовність відповідей при опитуванні;
- необхідне виконання таких вимог: активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення мобільних телефонів; відповідно до завдання викладача використання засобів зв'язку для пошуку інформації в Інтернеті;
- заохочувальні бали надаються у відповідності до «системи оцінювання результатів навчання», штрафні бали є засобом протидії plagiatu та несвоєчасному виконанню завдань;
- політика дедлайнів та перескладань полягає у виконанні поточних модульних робіт і реферату до початку сесії;
- політика щодо академічної добросердісті відповідає загальним положенням, прийнятим у «КПІ ім. Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>);
- політика навчальної дисципліни спрямована на розвиток індивідуальних здібностей в напрямку набуття компетентностей щодо створення та модернізації сучасних енергетичних систем, унікального обладнання в енергетичній галузі, а також в напрямку розширення сфер застосування отриманих знань, умінь і досвіду.
- за бажанням аспірантів, допускається вивчення матеріалу за допомогою онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Види контролю знань аспірантів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;
- виконання МКР (две частини);
- відповідь на екзамені.

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) в середньому чотири відповіді кожного аспіранта на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 2 аспіранти; при середній чисельності групи 10 осіб і двадцять шести лекційних занять (52 годин) отримуємо:  $2 \cdot 26 / 10 \approx 4$  відповіді);
- 2) виконання завдань СРС;
- 3) виконання МКР (две частини);
- 4) відповідь на екзамені.

## **1. Опитування на лекційних заняттях**

Ваговий бал — 5. Максимальна кількість балів аспіранта на всіх заняттях:  $r_1=5$  балів  $\times 4 = 20$  балів.

*Критерії оцінювання:*

**5 балів** — повна вірна відповідь на поставлене питання; **4 бали** — відповідь містить несуттєві помилки; **3 бали** — неповна відповідь; **1...2 бала** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді; **0 балів** — відсутність відповіді.

## **2. Виконання завдань СРС**

Ваговий бал — 1 (за кожне завдання). Максимальна кількість балів (завдання СРС видаються після кожної лекції, строк задачі завдання — не пізніше ніж через тиждень):  $r_2=1$  бал  $\times 12 = 12$  балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

*Критерії оцінювання:*

**1 бал** — в повному об'ємі і вчасно надане завдання; **0 балів** — не вчасно надане завдання.

*Штрафні бали:*

- несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) — **1 бал**.

## **3. Модульна контрольна робота (МКР)**

Проводиться дві частини МКР. Ваговий бал кожної частини — 9. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює  $r_3=9 \times 2 = 18$  балів.

*Критерії оцінювання:*

**9 балів** — повна вірна відповідь на завдання; **7...8 балів** — відповідь має несуттєві помилки; **4...6 балів** — неповна відповідь; **0...3 бала** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

## **4. Відповіді на екзамени**

Екзамен проводиться у письмово-усній формі. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Перші два теоретичних питання оцінюються по 15 балів, а трете — 20 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконане завдання **15+15+20 = 50 балів**.

*Критерії оцінювання:*

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) — **13...15 (18...20) балів**;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) — **10...12 (14...17) балів**;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) — **7...9 (11...13) балів**;
- нездовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації та помилки) — менше **6 (10) балів**.

*Штрафні бали:*

- додаткове питання з тем лекційного курсу отримують аспіранти, які не брали участі у роботі певного заняття. Нездовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на **3 бали**.

## **Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни ( $R_D$ ):**

Сума вагових балів контрольних заходів в семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_c = r_1 + r_2 + r_3.$$

де  $r_i$  — рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

**Максимально можливий стартовий рейтинг:  $R_c = 20+12+18 = 50$  балів.**

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, виконання і захист реферату та стартовий рейтинг не менше  $0,5 \times R_c = 25$  балів.

Аспіранти, які набрали у семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 25 балів, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова  $R_E$  шкали дорівнює:  **$R_E = 50$  балів**.

Таким чином, максимальна кількість балів за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_c + R_E = 50 + 50 = 100 \text{ балів.}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100–бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Аспірантам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимального можливого (тобто  $R_c \geq 45$ ), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де  $R$  – оцінка за 100–бальною шкалою;

$R_i$  – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

$R_c$  – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

$R_D$  – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Аспіранти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: [https://osvita.kpi.ua/2020\\_7-170](https://osvita.kpi.ua/2020_7-170), [https://document.kpi.ua/files/2020\\_7-170.pdf](https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf)).

Аспіранти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>).

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### 1. Дистанційне навчання:

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom).

2. Для аспірантів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 балів):
- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
  - сертифікатів, які підтверджують участь у науково-практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
  - публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

## **Додаток 1**

### **Список питань на екзамен**

1. Принцип роботи випарно-конденсаційних систем. Процеси, що мають місце в тепловій трубі.
2. Класифікація теплових труб: за принципом роботи, за типом капілярної структури; за робочим температурним діапазоном.
3. Матеріали, що використовуються при виготовленні теплових труб. Теплоносії, їх характеристики, межі застосування.
4. Капілярні структури: Порошкові, сітчасті, металоволокневі. Особливості виготовлення. Переваги та недоліки.
5. Газорегульовані теплові труби. Конструкція. Особливості роботи.
6. Контурні теплові труби. Конструкція. Особливості роботи.
7. Пульсаційні теплові труби. Конструкція. Особливості роботи.
8. Термосифони. Конструкції. Особливості виготовлення. Переваги та недоліки. Область використання.
9. Термічний опір теплової труби, його складові. Залежність термічного опору від геометричних та режимних параметрів.
10. Термічний опір термосифона, його складові. Залежність термічного опору від геометричних та режимних параметрів.
11. Пульсаційні явища в двофазних термосифонах .
12. Коефіцієнт заповнення в термосифонах. Його вплив на максимальний тепловий потік і термічний опір.
13. Вплив кута нахилу на максимальний тепловий потік теплових труб і термосифонів.
14. Методи виготовлення теплових труб і термосифонів.
15. Вплив теплофізичних характеристик теплоносіїв на коефіцієнт тепловіддачі в зонах теплообміну термосифонів і теплових труб.
16. Звичайні теплові труби. Мініатюрні і мікротеплові труби. Конструкція. Особливості роботи.
17. Межі теплопередавальної здатності теплових труб.
18. Умови виникнення пробки конденсату в мініатюрних термосифонах.
19. Вплив геометричних характеристик елементів теплової труби на переходне число Рейнольдса. Переход від ламінарного характеру течії до турбулентного.
20. Залежність швидкості течії пари від теплового потоку і властивостей теплоносія.

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

**Складено** професором каф. АЕС і ІТФ, д.т.н., Кравцем Володимиром Юрійовичем

**Ухвалено** кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 21 від 23.06.2021 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ТЕФ (протокол № 11 від 24.06.2021 р.)