

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою  
Інституту технічної теплофізики  
НАН України  
протокол № 8  
від "31" 05 2022 року

Голова вченої ради  
Інституту технічної теплофізики  
НАН України,  
академік НАН України



*Ю.Ф. Снежкін*  
Ю.Ф. Снежкін

**Когенераційні системи з тепловими двигунами**

**РОБОЧА ПРОГРАМА**

**кредитного модуля**

Третій освітньо – науковий рівень вищої освіти

Спеціальність 144 “Теплоенергетика”

Освітньо – наукова програма “Електрична інженерія”

Денна форма навчання

**Київ – 2022**

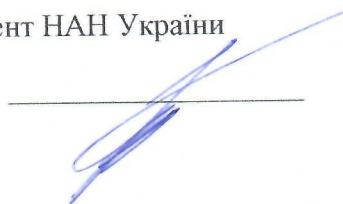
Робоча програма кредитного модуля “Когенераційні системи з тепловими двигунами”\складена відповідно до програми навчальної дисципліни

**“Когенераційні системи з тепловими двигунами”**

РОЗРОБНИК РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України

Басок Борис Іванович



### 1. Опис кредитного модуля

Рівень вищої освіти, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень вищої освіти: третій (освітньо – науковий)	Навчальна дисципліна: <b>“Когенераційні системи з тепловими двигунами”</b>	Лекції: 16 год.
Спеціальність: <b>“Теплоенергетика”</b>	Цикл: професійної підготовки	Семінарські: 14 год.
		Лабораторні заняття: 0 год.
Освітньо – наукова програма <b>“Електрична інженерія”</b>	Статус кредитного модуля: вибірковий	Самостійна робота: 60 год. У тому числі на виконання індивідуального завдання: 0 год.
	Семестр: 1	Індивідуальне завдання: -
Форма навчання: денна	Кількість кредитів (годин) 3,0 (90)	Форма та вид семестрового контролю: екзамен усний (письмовий)

Курс “Когенераційні системи з тепловими двигунами” є одним з розділів професійної підготовки фізико – енергетичного циклу. Курс ставить на меті познайомити аспірантів з особливостями процесів в енергетичному обладнанні систем комбінованого виробництва теплової та електричної енергії включаючи їх екологічні характеристики, з принципами створення когенераційних установок для умов комунальної та промислової теплоенергетики, з основами їх проектування та експлуатації.

Вивчення курсу “Когенераційні системи з тепловими двигунами” базується на таких курсах: “Фізика”, “Газові турбіни”, “Парові турбіни”, “Двигуни внутрішнього згорання”, “Технічна термодинаміка”, “Котельні установки”, “Холодильні машини”, “Теплообмін та теплопередача”.

## **2. Мета та завдання кредитного модуля.**

2.1. Основною метою навчальної дисципліни “Когенераційні системи з тепловими двигунами” є отримання аспірантами знань, необхідних для проектування і експлуатації когенераційних установок різноманітного призначення в умовах комунальної і промислової теплоенергетики. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно створити схему когенераційної установки відповідно до конкретних умов генерування теплової і електричної енергії, визначити теплові і електричні характеристики необхідних теплових двигунів та теплообмінного обладнання з урахуванням існуючих можливостей їх придбання, розрахувати енергетичний баланс когенераційної установки в цілому.

В результаті навчання сформувати у аспірантів здатність:

- самостійно визначити технічні умови на проектування когенераційної установки;
- самостійно розрахувати характеристики створюваної установки;
- визначити умови її ефективної експлуатації;
- ЗК 1 — здатність застосовувати отримані знання в практичних ситуаціях;
- ЗК 2 — розуміння предметної області професійної діяльності;
- ФК 1 — здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково — технічних проектів;
- ФК 2 — здатність брати участь у плануванні та проведенні експериментальних досліджень на установці;
- ФК 5 — здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп’ютерних технологій.

## 2.2. Основні завдання кредитного модуля.

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

### **ЗНАННЯ:**

теоретичних основ та методів розрахунку когенераційних систем а також основних характеристик існуючих теплових двигунів і теплообмінного обладнання.

### **ВМІННЯ:**

- компонувати та розраховувати когенераційні системи для різноманітних умов їх експлуатації;

- ПРН 11 знаходити науково - технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій;
- ПРН 12 класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково – технічну інформацію в галузі прикладної фізики;
- ПРН 13 організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди.
- 

### 3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СРА
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 1. Загальні питання когенерації</b>					
Тема 1.1. Когенерація в світі та Україні	1	1			
Тема 1.2. Основні типи когенераційних технологій	1	1			
<b>Розділ 2. Теплові двигуни для когенераційних установок</b>					
Тема 2.1. Когенераційні схеми з використанням газових турбін	4	2	2		
Тема 2.2. Когенераційні схеми з використанням газопоршневих двигунів	6	2	4		
Тема 2.3. Когенераційні схеми з використанням парових турбін та інших інноваційних технологій	4	2	2		

**Розділ 3. Утилізатори теплоти для когенераційних установок**

Тема 3.1. Когенераційні системи з паровими та водогрійними котлами	4	2	2		
Тема 3.2. Когенераційні системи з рекуперативними теплообмінниками	2	2			

**Розділ 4. Когенераційно — холодильні системи (тригенерація)**

Тема 4.1. Схеми когенераційно — холодильних систем	3	1	2		
Тема 4.2. Обладнання для тригенераційних систем	1	1			

**Розділ 5. Паливо для когенераційних установок**

Тема 5.1. Паливо для когенераційних установок	1	1			
Тема 5.2. Управління шкідливими викидами в когенераційних установках	3	1	2		
<b>Всього годин</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>14</b>		<b>60</b>

#### 4. Лекційні заняття

№ з/п	<b>Назва теми лекції та перелік основних питань</b> (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)	
1	<b>Загальні питання когенерації.</b>  Роль і місце когенерації в енергетиці країни. Когенерація у світі, когенерація в Україні. Основні стимули і перепони для широкого впровадження когенераційних технологій.  Основні типи когенераційних технологій. Принципи побудови систем комбінованого виробництва теплової та електричної енергії. Утилізаційні та скидні схеми когенерації. Побудова когенераційної установки шляхом надбудови існуючих джерел скидної теплоти енергетичними тепловими двигунами, або ж існуючих енергетичних установок з газовими турбінами чи поршневіми двигунами утилізаторами скидної теплоти.	
	Література:	[1]
	Завдання для СРА:	Показники споживання енергоресурсів в Україні та інших промислово-розвинутих країнах світу. Когенераційні схеми з допалюванням.
2	<b>Когенераційні схеми з використанням газових турбін.</b>  Енергетичні, технічні та екологічні характеристики турбін. Конструкція, основні параметри, включаючи екологічні показники, особливості використання в когенераційних схемах. Виробництво в Україні та світі.	
	Література:	[1, 2, 3, 4, 6]
	Завдання для СРА:	Технічні характеристики газових турбін, які випускаються ведучими фірмами турбінобудування.
3	<b>Когенераційні схеми з використанням газопоршневих двигунів.</b>  Енергетичні, технічні та екологічні характеристики. Конструкція, основні параметри, включаючи екологічні показники, особливості використання в когенераційних схемах. Виробництво в Україні та світі.	
	Література:	[3, 4]
	Завдання для СРА:	Технічні характеристики газопоршневих двигунів, які випускаються ведучими фірмами двигунобудування.

4	<p><b>Когенераційні схеми з використанням парових турбін та інших іноваційних технологій.</b></p> <p>Енергетичні, технічні та екологічні характеристики. Конструкція, основні параметри, включаючи екологічні показники, особливості використання в когенераційних схемах. Виробництво в Україні та світі.</p>
Література:	[3, 4, 5, 7]
Завдання для СРА:	Аналіз джерел скидної теплової енергії, яку можливо використовувати в когенераційних схемах (двигуни, технологічне енергообладнання і таке інше)
5	<p><b>Когенераційні системи з паровими та водогрійними котлами.</b></p> <p>Особливості використання парових та водогрійних котлів в когенераційних схемах, характеристики таких котлів, включаючи екологічні показники. Утилізація теплоти пароутворення продуктів згорання природного газу.</p>
Література:	[2, 3, 8]
Завдання для СРА:	Знайомство з технічними характеристиками котлів, які випускаються в Україні і світі. Теплопередача і теплообмін в котлах.
6	<p><b>Когенераційні системи з рекуперативними теплообмінниками.</b></p> <p>Типи рекуперативних теплообмінників, конструкція, теплові та гідравлічні характеристики, інтенсифікація теплообміну.</p>
Література:	[2, 9]
Завдання для СРА:	Розрахунок теплових характеристик теплообмінного обладнання когенераційної установки.
7	<p><b>Когенераційно-холодильні системи (тригенерація).</b></p> <p>Принципи роботи холодильних машин. Схеми комбінованого виробництва електричної енергії, теплоти та холоду. Тригенераційні системи енергопостачання різноманітних об'єктів. Обладнання для тригенераційних систем.</p>
Література:	[1, 11]
Завдання для СРА:	Розвиток тригенерації в Україні і світі.



8	<p><b>Паливо для когенераційних установок.</b></p> <p>Рідкі палива, природний газ, шахтний метан, біогаз, попутні гази, генераторні гази, газифікація вугілля та інші гази штучного генерування. Особливості використання в когенераційних установках. Паливні компресори.</p> <p>Управління викидами шкідливих газів в когенераційних установках. Нормативи викидів шкідливих газів для енергетичних об'єктів. Механізми утворення шкідливих викидів. Методи зменшення викидів оксидів азоту в теплових двигунах. Управління викидами шкідливих газів в когенераційних установках.</p>	
	Література:	[1, 10]
	Завдання для СРА:	Методи розрахунку шкідливих викидів при спалюванні палив в котлах (схеми з допалюванням).
	<b>Заключення.</b> Підсумки вивчення курсу.	

### 5. Семінарські заняття

Семінарські заняття входять до плану (14 год.) і проводяться за наступними темами:

1. Енергетична ефективність надбудови промислових теплогенеруючих об'єктів тепловими двигунами.
2. Розрахунок теплової схеми парогазової установки.
3. Розрахунок теплової схеми промислово — опалювальної ГТУ — ТЕЦ.
4. Розрахунок теплової схеми опалювальної ГТУ — ТЕЦ.
5. Розрахунок енергетичних характеристик газової турбіни.
6. Розрахунок енергетичних характеристик газопоршневого двигуна.
7. Розрахунок теплообмінного обладнання (котлів — утилізаторів)

Основні завдання циклу семінарських занять - навчити аспірантів застосовувати отримані знання.

### 6. Лабораторні заняття

Не передбачено навчальним планом

## **7. Самостійна робота**

Планується на кожній лекції

## **8.Індивідуальні завдання**

Не передбачено навчальним планом

## **9. Контрольні роботи**

Не передбачено навчальним планом.

## **10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

Оцінка ECTS, яку аспірант отримає після вивчення кредитного модуля з дисципліни “Когенераційні системи з тепловими двигунами”, визначається відповідно до рейтингу аспіранта, який складається на основі результатів навчання протягом семестру, та балів, отриманих під час складання екзамену: опис РСО надається у вигляді додатка до робочої програми.

## **11. Методичні рекомендації**

Методика вивчення дисципліни “Когенераційні системи з тепловими двигунами” для даного напрямку підготовки визначена наведеним вище розподілом навчального часу за видами занять, логічною послідовністю викладання лекційного матеріалу. Усі види занять повністю забезпечені навчально — методичною літературою, в тому числі в електронному вигляді.

## **12. Література**

### **Базова**

1. В.Н. Клименко, А.И. Мазур, П.П. Сабашук. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Справочное пособие ч.1. Общие вопросы когенерационных технологий. - К.; ИПЦ Алкон НАНУ, 2008. - 560 с.
2. В.Н. Клименко, А.И. Мазур, А.И. Сигал. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Справочное пособие ч.2. Газотурбинные когенерационные технологии. - К.; ИПЦ Алкон НАНУ, 2011. - 792 с.
3. В.Н. Клименко, А.И. Мазур, Е.Н. Письменный, П.И. Багрий, Г.Г. Гелетуца. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Справочное пособие ч.3. Инновационные технологии для когенерации. - К.; ИПЦ Алкон НАНУ, 2016, 528 с.

### Допоміжна

4. Кириллин В.Л., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.; Энергоатомиздат, 1983. - 416 с.
5. Уокер Г. Двигатели Стирлинга. - М.; Машиностроение, 1985. - 408 с.
6. Кириллов И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки, т.1. - М.; Машгиз, 1956. - 434 с.
7. Щегляев А.В. Паровые турбины. - М.; Энергия, 1976. - 358 с.
8. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки для промышленных предприятий. - М.; Энергоиздат. 1988. - 527 с.
9. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). / Под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Мибора, И.Е. Дубовского, Э.С. Красиной. - М.; Энергия, 1973.
10. Росляков П.В., Егорова Л.Е. Методика расчета выбросов оксидов азота паровыми и водогрейными газомазутными котлами // Теплоэнергетика. - 1997. - №4. - с.67-74.
11. Холодильные машины / Под ред. Н.Н. Кошкина. - М.; Пищевая промышленность. - 1973. - 512 с.

### 13. Інформаційні ресурси

1. Науково – технічна бібліотека ІТТФ НАН України