



ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ НАН УКРАЇНИ

Когенераційні системи з тепловими двигунами

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти

Третій (освітньо-науковий)

Галузь знань	14 Електрична інженерія ¹
Спеціальність	144 Теплоенергетика
Освітня програма	Назва
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний
Обсяг дисципліни	
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: ² д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України, Басок Борис Іванович, borys.basok@gmail.com Семінарські: д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України, Басок Борис Іванович, borys.basok@gmail.com
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Googleclassroom, тощо)

Програма навчальної дисципліни

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

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;

¹В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану. Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

²Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

- 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.

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.

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

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”. Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни “Когенераційні системи з тепловими двигунами” можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу аспірантів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні питання когенерації

Тема 1.1. Когенерація в світі та Україні.

Тема 1.2. Основні типи когенераційних технологій.

Розділ 2. Теплові двигуни для когенераційних установок

Тема 2.1. Когенераційні схеми з використанням газових турбін.

Тема 2.2. Когенераційні схеми з використанням газопоршневих двигунів.

Тема 2.3. Когенераційні схеми з використанням парових турбін та інших інноваційних технологій.

Розділ 3. Утилізатори теплоти для когенераційних установок

Тема 3.1. Когенераційні системи з паровими та водогрійними котлами.

Тема 3.2. Когенераційні системи з рекуперативними теплообмінниками.

Розділ 4. Когенераційно — холодильні системи (тригенерація)

Тема 4.1. Схеми когенераційно — холодильних систем.

Тема 4.2. Обладнання для тригенераційних систем.

Розділ 5. Паливо для когенераційних установок

Тема 5.1. Паливо для когенераційних установок.

Тема 5.2. Управління шкідливими викидами в когенераційних установках.

4. Навчальні матеріали та ресурси

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. Гелетуха. 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.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРА з посиланням на літературу)
1	<p>Загальні питання когенерації.</p> <p>Роль і місце когенерації в енергетиці країни. Когенерація у світі, когенерація в Україні. Основні стимули і перепони для широкого впровадження когенераційних технологій.</p> <p>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.</p> <p>Література:</p> <p>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.</p> <p>Завдання для СРА:</p> <p>Показники споживання енергоресурсів в Україні та інших промислово-розвинутих країнах світу. Когенераційні схеми з допалюванням.</p>
2	<p>Когенераційні схеми з використанням газових турбін.</p> <p>Енергетичні, технічні та екологічні характеристики турбін. Конструкція, основні параметри, включаючи екологічні показники, особливості використання в когенераційних схемах. Виробництво в Україні та світі.</p> <p>Література:</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>3. В.Н. Клименко, А.И. Мазур, Е.Н. Письменный, П.И. Багрий, Г.Г. Гелетуха. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Справочное пособие ч.3. Инновационные технологии для когенерации. - К.; ИПЦ Алкон НАНУ, 2016, 528 с.</p> <p>4. Кириллин В.Л., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.; Энергоатомиздат, 1983. - 416 с.</p> <p>5. Кириллов И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки, т.1. - М.; Машгиз,</p>

	<p>1956. - 434 с.</p> <p>Завдання для СРА: Технічні характеристики газових турбін, які випускаються ведучими фірмами турбінобудування</p>
3	<p>Когенераційні схеми з використанням газопоршневих двигунів.</p> <p>Енергетичні, технічні та екологічні характеристики. Конструкція, основні параметри, включаючи екологічні показники, особливості використання в когенераційних схемах. Виробництво в Україні та світі.</p> <p>Література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. Кириллин В.Л., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.; Энергоатомиздат, 1983. - 416 с. <p>Завдання для СРА: Технічні характеристики газопоршневих двигунів, які випускаються ведучими фірмами двигунобудування.</p>
4	<p>Когенераційні схеми з використанням парових турбін та інших іноваційних технологій.</p> <p>Енергетичні, технічні та екологічні характеристики. Конструкція, основні параметри, включаючи екологічні показники, особливості використання в когенераційних схемах. Виробництво в Україні та світі.</p> <p>Література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. Кириллин В.Л., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.; Энергоатомиздат, 1983. - 416 с. Уокер Г. Двигатели Стирлинга. - М.; Машиностроение, 1985. - 408 с. Щегляев А.В. Паровые турбины. - М.; Энергия, 1976. - 358 с. <p>Завдання для СРА: Аналіз джерел скидної теплової енергії, яку можливо використовувати в когенераційних схемах (двигуни, технологічне енергообладнання і таке інше)</p>
5	<p>Когенераційні системи з паровими та водогрійними котлами.</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> <p>Література:</p> <ol style="list-style-type: none"> В.Н. Клименко, А.И. Мазур, А.И. Сигал. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Справочное пособие ч.2. Газотурбинные когенерационные

	<p>технологии. - К.; ИПЦ Алкон НАНУ, 2011. - 792 с.</p> <p>2. В.Н. Клименко, А.И. Мазур, Е.Н. Письменный, П.И. Багрий, Г.Г. Гелетуха. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Справочное пособие ч.3. Инновационные технологии для когенерации. - К.; ИПЦ Алкон НАНУ, 2016, 528 с.</p> <p>3. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки для промышленных предприятий. – М.; Энергоиздат. 1988. - 527 с.</p> <p>Завдання для СРА:</p> <p>Знайомство з технічними характеристиками котлів, які випускаються в Україні і світі. Теплопередача і теплообмін в котлах.</p>
6	<p>Когенераційні системи з рекуперативними теплообмінниками.</p> <p>Типи рекуперативних теплообмінників, конструкція, теплові та гідравлічні характеристики, інтенсифікація теплообміну.</p> <p>Література:</p> <p>1. 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.</p> <p>2. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). / Под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Мибора, И.Е. Дубовского, Э.С. Красиной. – М.; Энергия, 1973.</p> <p>Завдання для СРА: Розрахунок теплових характеристик теплообмінного обладнання когенераційної установки.</p>
7	<p>Когенераційно-холодильні системи (тригенерація).</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> <p>Література:</p> <p>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.</p> <p>2. Холодильные машины / Под ред. Н.Н. Кошкина. – М.; Пищевая промышленность. - 1973. - 512 с.</p> <p>Завдання для СРА:</p> <p>Розвиток тригенерації в Україні і світі.</p>
8	<p>Паливо для когенераційних установок.</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</p>

	<p>викидами шкідливих газів в когенераційних установках.</p> <p>Література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. Росляков П.В., Егорова Л.Е. Методика расчета выбросов оксидов азота паровыми и водогрейными газомазутными котлами // Теплоэнергетика. - 1997. – №4. – с.67-74. <p>Завдання для СРА:</p> <p>Методи розрахунку шкідливих викидів при спалюванні палив в котлах (схеми з допалюванням).</p>
	<p>Заключення. Підсумки вивчення курсу.</p>

Назва теми практичних занять (Теми семінарів)

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)

6. Самостійна робота аспіранта

Завданням самостійної роботи аспірантів є навчити аспірантів самостійно працювати з літературою, творчосприймаючи навчальний матеріал і осмислювати його.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і осмислення інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- підготовка до складання екзамену.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, яку викладач ставить перед аспірантом:

- відвідування лекцій та семінарських занять;
- активність на семінарських та лекційних заняттях, регулярна самостійна робота;
- дотримання стандартів академічної доброчесності;
- Відвідування лекцій та семінарських занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, аспірантам рекомендується відвідувати усі види занять (як лекцій, так і семінарів);
- Moodle та інші інтернет ресурси, що надає викладач тощо.

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

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: *мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання семестровий рейтинг більше 30 балів.*

Поточний контроль: опитування за темою лекції. Максимальна кількість балів – 20.

Контроль на семинарських заняттях.

Максимальна кількість балів – 35.

Семестровий контроль.:

Екзамен – 40 балів.

Умови допуску до екзамена - більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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
Невиконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силабусу);*
- *можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;*
- *інша інформація для аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

Доктор технічних наук, професор чл.-кор. НАН України

Б.І. Басок

Ухвалено Вченою радою ІТТФ НАН України _____ (протокол № 8 від 31.05.2022)