



Математичне моделювання теплових процесів в енергетиці та промисловості

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>другий (магістр)</i>
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	144 «Теплоенергетика»
Освітня програма	«Теплові електричні станції та установки»
Статус дисципліни	За вибором студента
Форма навчання	денна та вечірня
Рік підготовки, семестр	1 курс, весінній семестр
Обсяг дисципліни	4,0 кредитів ECTS, 120 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Практичні заняття, ДКР, МКР, екзамен
Розклад занять	Згідно rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц., Грановська Олена Олександрівна, 050-331-22-03, granov1810@gmail.com Практичні / ас. Беднарська І С./, 098810-60-01, innabednarska@gmail.com , Лабораторні: не заплановано
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Google classroom) e-mail, Viber

Програма навчальної дисципліни

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

Газотурбінні установки складної схеми та спеціальні типи ГТУ. Класифікація і аналіз напрямів термодинамічного форсування спеціальних типів ГТУ. Парогазові установки (ПГУ). Схеми реалізації бінарних парогазових установок (БПГУ). ПГУ з високонапорним парогенератором. ПГУ з котлом-утилізатором. ПГУ з витісненням регенеративного підігріву живильної води і генерацією пари середнього тиску. Бінарні ПГУ з допалюванням у котлі-утилізаторі та у вугільному котлі, що підключено з ним по паралельній схемі. Аналіз та порівняння циклів та їх енергетичної ефективності.

Монарні ПГУ (МПГУ). Переваги монарних ПГУ у порівнянні з бінарними ПГУ. Газопарова технологія. ГТУ та ПГУ на основі застосування технології газифікації твердого палива. ПГУ з внутрішньою цикловою газифікацією вугілля.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей.

ЗДАТНІСТЬ:

ФК2 Здатність застосовувати, інтегрувати та аналізувати знання і розуміння з інших інженерних дисциплін

ФК9 Здатність застосовувати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в теплоенергетичній галузі

ФК16 Здатність формування завдання на розробку проектних рішень, пов'язаних з модернізацією технологічного обладнання та заходами з поліпшення експлуатаційних характеристик, підвищення екологічної безпеки, поліпшення умов праці, економії ресурсів

ФК19 Здатність до забезпечення безперебійної роботи, правильної експлуатації, ремонту і модернізації енергетичного, теплотехнічного і теплотехнологічного устаткування, засобів автоматизації і захисту, електричних і теплових мереж, повітряпроводів і газопроводів

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- ПРН1 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, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.
- ПРН3 Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, тощо) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.
- ПРН4 Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у теплоенергетиці та дотичних міждисциплінарних напрямках.
- ПРН5 Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

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

Вимоги до початку вивчення - знання з курсу «Технічна термодинаміка», «Теплотехніка».

«Турбіни ТЕС та АЕС», «Комбіноване виробництво енергії».

Забезпечується: «Наукова робота за темою магістерської дисертації. Науково-дослідна робота за темою магістерської дисертації».

Забезпечує виконання магістерської дисертації ..

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Газотурбінні установки

Тема 1.1. Газотурбінні установки простої схеми

1. Історія та перспективи розвитку газових турбін.

Особливості робочого процесу ГТУ зі згорянням при $p = \text{const}$ (цикл Брайтона) та $V = \text{const}$ (турбіна Хольцварта), регенеративні ГТУ та ГТУ складного

2. Особливості робочого процесу ГТУ простого циклу.

Призначення і аналіз робочого процесу основних елементів ГТУ (компресор, камера згоряння, газова турбіна). Техніко-економічні показники основних елементів ГТУ:

температурний коефіцієнт та ступінь підвищення тиску у компресорі, робота компресора, турбіни та камера згоряння

3. Вплив реальних умов експлуатації елементів ГТУ на її енергетичну ефективність.

Термодинамічна необоротність робочого процесу компресора (втрати енергії на фільтри, глушники та в проточній частині), камери згоряння (втрати від аеродинамічного та термічного опору, нерівномірності температурного поля продуктів згоряння), турбіни (втрати у проточній частині та у вихлопному тракті).

4. ГТУ з регенерацією.

Схема та цикл ГТУ. Термічний ККД. Ступінь регенерації. Внутрішній ККД ГТУ та коефіцієнт ефективної роботи. Вплив ступеню підвищення тиску, початкової температури та ступеня регенерації на техніко-економічні показники ГТУ.

5. Техніко-економічні характеристики ГТУ та її елементів.

Параметри ГТУ та технічні показники її елементів. Характеристика компресора та газової турбіни. Характеристики камери згоряння та регенератора. Внутрішній, ефективний та електричний ККД ГТУ. Ефективна або електрична потужність. Механічний та електричний ККД, питома ефективна робота.

6. Вплив показників робочого процесу газової турбіни та компресора на техніко-економічні показники ГТУ.

Характеристики газової турбіни, компресора та камери згоряння. Метод малих відхилень. Відносна зміна технічної роботи турбіни. Абсолютна та відносна зміна параметрів ГТУ та їх вплив на ефективну. Вплив показників робочого процесу камери згоряння та регенератора на показники надійності, екологічні показники та техніко-економічні характеристики ГТУ.

Показники надійності. Екологічні показники. Техніко-економічні показники. Змінний режим роботи ГТУ (запуск, холостий хід, робочі режими).

Тема 1.2. Газотурбінні установки складної схеми та спеціальні типи ГТУ

7. ГТУ з проміжним охолодженням компресорного повітря та з проміжним підігрівом.

Схема, цикл та особливості робочого процесу. Техніко-економічні показники. Особливості робочого процесу камер згоряння промперегріву.

8. ГТУ замкненого та напівзамкненого типу. Особливості реалізації. Турбодетандерні ГТУ. Схема використання потенційної.

9. Маневрові ПТУ з піковою ГТУ. ГТУ з охолодженням лопаток та інших елементів газових турбін. Системи охолодження відкриті та закриті. Приклади реалізації схем ГТУ з охолодженням. ГТУ у складі АЕС.

Тема 1.3. Напрями термодинамічного форсування.

10. Класифікація напрямів термодинамічного форсування ГТУ. Підвищення початкової температури, ускладнення циклу, застосування внутрішньоциклової утилізації енергії. ГТУ з внутрішньоцикловою утилізацією теплової енергії вихлопних газів. ГТУ з регенерацією на вихлопі. ГТУ з проміжною регенерацією.

11. ГТУ з зовнішньо-цикловою утилізацією теплової енергії вихлопних газів. ГТУ з підігрівачем мережної води у газозоді газової турбіни. ГТУ з котлом-утилізатором. ГТУ з блоком допалюючи пристроїв (БДУ) та підігрівачем мережної води (ПМВ) у газозоді турбіни. ГТУ з виносним підтопковим пристроєм (ВПП) та теплофікаційним теплообмінником на вихлопі установки. ГТУ з блоком палиникових пристроїв та котлом-утилізатором.

Розділ 2 Парогазові установки (ПГУ)

Тема 2.1. Бінарні парогазові установки (БПГУ)

12. Аналіз напрямів термодинамічного форсування ГТУ та паротурбінних установок (ПТУ). Недоліки та переваги ГТУ та ПГУ. Рівень ККД сучасних ГТУ. Вплив параметрів та умов реалізації циклу ПГУ на економію палива.

13. Схеми реалізації бінарних парогазових установок (БПГУ). ПГУ з високонапорним парогенератором. ПГУ з котлом-утилізатором. ПГУ з витісненням регенеративного підігріву живильної води і генерацією пари середнього тиску.

14. Бінарні ПГУ з допалюванням палива у котлі-утилізаторі та у послідовно з'єднаному з ним конвекторі природного газу.

15. Бінарні ПГУ з допалюванням у котлі-утилізаторі та у вугільному котлі, що підключено з ним по паралельній схемі. Цикли та їх аналіз. Енергетична ефективність.

Тема 2.2. Монарні парогазові установки або газопарові установки (МГПУ)

16. Монарні ПГУ. Переваги монарних ПГУ у порівнянні з бінарними ПГУ. ГПУ, що працює за схемою «котел – ГТУ». Схема установки, цикл та переваги.

17. Газопарова технологія «Водолій». Технологічна схема та цикл, переваги технології «Водолій» у порівнянні з технологією STIG. Технологічна схема ГПУ на базі ГТД НВО «Зоря-Машпроект».

18. ГТУ та ПГУ на основі застосування технології газифікації твердого палива. ПГУ з внутрішньою цикловою газифікацією вугілля.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Газотурбинные установки. Конструкции и расчет / Справочное пособие под общ. ред. Л.В. Арсеньева и В.Г. Тырышкина. – Л.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
2. Христич В.А., Варламов Г.Б. Газотурбинные установки: история и перспективы. – К.: НТУУ «КПИ». -2006. – 384 с.
3. Христич В.А., Тумановский А.Г. Газотурбинные двигатели и защита окружающей среды. – К.: Техника. -1983. -142 с.
4. Шнез Я.И., Капинос В.М., Котляр И.В. Газовые турбины. Часть первая. Термодинамические процессы и теплообмен в конструкциях. – К.: Вища школа. – 1976. – 295 с.
5. Степанов А.В., Кухарь В.П. Достижения энергетики и защита окружающей среды. – К.: Научная мысль. – 2004. – 205 с.
6. Воробьев И.В., Тодорович Э.Г. Реабилитация ТЭС и ТЭЦ: пути, эффективность. – К.: Энергетика и электрификация. – 2000. – 243 с.
7. Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Маляренко В.А. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. – К.: Політехніка. – 2003. – 228 с.
8. Корчевой Ю.П., Кузьменко Б.В., Майстренко А.Ю. Современные угольные энерготехнологии. – К.: УДЭНТЗ. – 1998. – 62с.

Допоміжна:

1. Швеиц И.Т. Газотурбинные установки. – К.: АН УССР. – 1958. – 122 с.
2. Шнез Я.И., Хайновский Я.С. Газовые турбины. Часть вторая. Аэродинамические процессы, регенераторы, камеры сгорания и конструкции. К.: Вища школа.- 1977. – 379 с.
3. Костюк А.Г., Шерстюк А.Н. Газотурбинные установки. – М.: Высшая школа. – 1979. – 253 с.
4. Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Маляренко В.А. и др.. Базовые энергоустановки и технологии производства энергии с учетом экологических аспектов / Часть 1 –Энергогенерирующие установки на органическом топливе. Харьков: ХГАГХ. – 2001. – 209 с.
5. Матвеев В.Т. Глубокая утилизация теплоты в газотурбинных двигателях с турбиной перерасширения // Пром. Теплотехника. – 1997, т. 19, № 4 – 5. – С.81-85.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	2
Розділ 1 Газотурбінні установки	
Тема 1.1. Газотурбінні установки простої схеми	
1	Історія та перспективи розвитку газових турбін. Особливості робочого процесу ГТУ зі згорянням при $p = \text{const}$ (цикл Брайтона) та $V = \text{const}$ (турбіна Хольцварта), регенеративні ГТУ та ГТУ складного циклу. Досягнення вітчизняної науки та виробництва у галузі газотурбобудування. Література: [1] (гл. «Схеми и циклы ГТУ», с. 8-16); [2] (раздел 1 с. 5-10, раздел 2 с. 15-31); [4] (раздел 1 с. 7-19)
2.	. Особливості робочого процесу ГТУ простого циклу. Призначення і аналіз робочого процесу основних елементів ГТУ (компресор, камера згоряння, газова турбіна). Техніко-економічні показники основних елементів ГТУ: температурний коефіцієнт та ступінь підвищення тиску у компресорі, робота компресора, турбіни та камера згоряння. Література: [1] (с. 8-11); [4] (с. 20-23);
3	Вплив реальних умов експлуатації елементів ГТУ на її енергетичну ефективність. Термодинамічна необоротність робочого процесу компресора (втрати енергії на фільтрі, глушнику та в проточній частині), камери згоряння (втрати від аеродинамічного та термічного опору, нерівномірності температурного поля продуктів згоряння), турбіни (втрати у проточній частині та у вихлопному тракті). Література: [1] (с. 12-15); [18] (с. 47-52); [10] (с. 101-162);
4	ГТУ з регенерацією. Схема та цикл ГТУ. Термічний ККД. Ступінь регенерації. Внутрішній ККД ГТУ та коефіцієнт ефективної роботи. Вплив ступеню підвищення тиску, початкової температури та ступеня регенерації на техніко-економічні показники ГТУ. Література: [1] (с. 15-16); [19] (с. 47-52); [10] (с. 153-170); [11] (с. 15-18);
5	Техніко-економічні характеристики ГТУ та її елементів. Параметри ГТУ та технічні показники її елементів. Характеристика компресора та газової турбіни. Характеристики камери згоряння та регенератора. Внутрішній, ефективний та електричний ККД ГТУ. Ефективна або електрична потужність. Механічний та електричний ККД, питома ефективна робота. Література: [1] (с. 30-48, с. 72-80, с. 90-107).

1.	2.
6.	Вплив показників робочого процесу газової турбіни та компресора на техніко-економічні показники ГТУ. Характеристики газової турбіни, компресора та камери згоряння. Метод малих відхилень. Відносна зміна технічної роботи турбіни. Абсолютна та відносна зміна параметрів ГТУ та їх вплив на ефективну роботу та ККД ГТУ. Узагальнене рівняння внутрішнього ККД ГТУ. Література: [1] (с. 30-48, с. 72-80); Вплив показників робочого процесу камери згоряння та регенератора на показники надійності, екологічні показники та техніко-економічні характеристики ГТУ. Показники надійності. Екологічні показники. Техніко-економічні показники. Змінний режим роботи ГТУ (запуск, холостий хід, робочі режими). Література: [1] (с. 90-107);
Тема 1.2. Газотурбінні установки складної схеми та спеціальні типи ГТУ	
7.	ГТУ з проміжним охолодженням компресорного повітря та з проміжним підігрівом. Схема, цикл та особливості робочого процесу. Техніко-економічні показники. Особливості робочого процесу камер згоряння промперегріву. Література: [1] (с. 16-19);
	Підвищення енергетичної ефективності циклів ГТУ на основі їх карнотизації. Застосування багатоступеневого охолодження та промперегріву. ГТУ зі згорянням при $V = \text{const}$. Цикл в $T - S$ координатах. Конструкції та робочий процес в камерах згоряння. Література: [1] (с. 58-79);
8.	ГТУ замкненого та напівзамкненого типу. Особливості реалізації. Турбодетандерні ГТУ. Схема використання потенційної енергії тиску природного газу з утилізацією теплової енергії на вихлопі. Література: [1] (с. 204-222); [6] (с. 231-237)
9.	Маневрові ПТУ з піковою ГТУ. ГТУ з охолодженням лопаток та інших елементів газових турбін. Системи охолодження відкриті та закриті. Приклади реалізації схем ГТУ з охолодженням. ГТУ у складі АЕС. Література: [1] (с. 20-27); [10] (с. 222-237).
Тема 1.3. Напрями термодинамічного форсування ГТУ	
10	Класифікація напрямів термодинамічного форсування ГТУ. Підвищення початкової температури, ускладнення циклу, застосування внутрішньоциклової утилізації енергії. ГТУ з внутрішньоцикловою утилізацією теплової енергії вихлопних газів. ГТУ з регенерацією на вихлопі. ГТУ з проміжною регенерацією. Література: [3] (с. 21-25); [13] (с. 81-85)

1.	2.
11	ГТУ з зовнішньо-цикловою утилізацією теплової енергії вихлопних газів. ГТУ з підігрівачем мережної води у газоході газової турбіни. ГТУ з котлом-утилізатором. ГТУ з блоком допалюючи пристроїв (БДУ) та підігрівачем мережної води (ПМВ) у газоході турбіни. ГТУ з виносним підтопковим пристроєм (ВПП) та теплофікаційним теплообмінником на вихлопі установки. ГТУ з блоком палиникових пристроїв та котлом-утилізатором. Література: [1] (с. 23-26); [18] (с. 44-47)
	Розділ 2 Парогазові установки (ПГУ)
	Тема 2.1. Бінарні парогазові установки (БПГУ)
12	Аналіз напрямів термодинамічного форсування ГТУ та паротурбінних установок (ПТУ). Недоліки та переваги ГТУ та ПГУ. Рівень ККД сучасних ГТУ. Вплив параметрів та умов реалізації циклу ПГУ на економію палива. Література: [5] (с. 116-142).
13	Схеми реалізації бінарних парогазових установок (БПГУ). ПГУ з високонапорним парогенератором. ПГУ з котлом-утилізатором. ПГУ з витісненням регенеративного підігріву живильної води і генерацією пари середнього тиску. Література: [6] (с. 143-225);
14	Бінарні ПГУ з допалюванням палива у котлі-утилізаторі та у послідовно з'єднаному з ним конвекторі природного газу. Література: [2] (с. 242-260);
15	Бінарні ПГУ з допалюванням у котлі-утилізаторі та у вугільному котлі, що підключено з ним по паралельній схемі. Цикли та їх аналіз. Енергетична ефективність. Література: [7] (с. 99-115);
	Тема 2.2. Монарні парогазові установки або газопарові установки (МГПУ)
16	Монарні ПГУ. Переваги монарних ПГУ у порівнянні з бінарними ПГУ. ГПУ, що працює за схемою «котел – ГТУ». Схема установки, цикл та переваги. Література: [7] (с. 198-201); [14] (с. 13-18); [15] (с. 3-7);
17	Газопарова технологія «Водолій». Технологічна схема та цикл, переваги технології «Водолій» у порівнянні з технологією STIG. Технологічна схема ГПУ на базі ГТД НВО «Зоря-Машпроект». Література: [6] (с. 213-220); [14] (с. 13-18); [15] (с. 3-7);
18	ГТУ та ПГУ на основі застосування технології газифікації твердого палива. ПГУ з внутрішньою цикловою газифікацією вугілля. Література: [5] (с. 157-180); [5] (с. 111-135);

5. Практичні заняття

Основною метою практичних занять є опанування студентами вмінь та навичок визначення та оптимізації параметрів циклів ГТУ, а також оцінки техніко-економічних показників ГТУ та ПГУ, прогнозування рівня енергетичної ефективності та екологічної небезпеки при роботі ТЕС на базі ГТУ та ПГУ, формування у студентів знань щодо актуальних проблем розвитку енергетики, впливу енергетики на навколишнє середовище, надання експертної оцінки техніко-економічних показників ТЕС.

Студент повинен вміти орієнтуватися у сучасних технологіях термодинамічного форсування та підвищення енергетичної ефективності теплоенергетичних об'єктів та систем, що працюють на базі ГТУ.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Розділ 1 Газотурбінні установки	
1	Визначення оптимальних параметрів циклу ГТУ простої схеми.
2	Визначення техніко-економічних показників ГТУ простої схеми.
3	Технологічна схема та цикл ГТУ без регенерації
4	Визначення оптимальних параметрів циклу ГТУ з регенерацією.
5	Визначення техніко-економічних показників ГТУ з регенерацією.
6	Технологічна схема та цикл ГТУ з регенерацією.
Розділ 2 Парогазові установки (ПГУ)	
7	Техніко-економічні показники компресора та турбіни.
8	Вплив умов експлуатації камери згоряння на показники термодинамічної незворотності циклу ГТУ.
9	Модульна контрольна робота

6. Самостійна робота

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1.	2.	
1.	Сучасні ГТУ складного циклу в енергетиці (Л. [3], с. 80 – 88)	
2.	Вибір характеристик компресора в залежності від умов роботи (Л. [1], с. 80 – 88)	
3.	Методи подавлення шуму в турбіні (Л. [1], с. 110-125)	
4	Вплив ступеню регенерації на показники циклу ГТУ (Л. [10], с. 210-225)	
1.	2.	
5	Вплив характеристик камери згоряння на технічні показники ГТУ (Л. [19],)	
6	Вплив зміни параметрів ГТУ на ефективність робочого процесу (Л. [17])	
7	Особливості змінного режиму роботи ГТУ (Л. [10], с. 250-280)	
8	Необхідність використання проміжного охолодження компресорного повітря в ГТУ (Л. [4], с. 180 – 195)	
9	Причини використання промперегріву в ГТУ (Л. [10], с. 300-330)	
10	Робочі тіла, які використовуються в Замкнутих ГТУ, їх характеристики (Л. [1], с. 80 – 96)	
11	Сучасні методи охолодження лопаток ГТУ (Л. [1], с. 180 – 210)	
12	Основні сучасні напрямки форсування ГТУ (Л. [17])	
13	Особливості використання ГТУ з блоком допалюючих установок (Л. [18])	
14	Сучасні напрямки щодо створення бінарних парогазових установок (Л. [4], с. 180 – 220)	
15	Переваги бінарних парогазових установок (Л. [6], с. 163-205)	
16	Особливості паликових пристроїв в бінарних парогазових	

	установках (Л. [14])	
17	Особливості циклу бінарних парогазових установок з опалюванням в котлі-утилізаторі (Л. [18], с. 80 – 88)	
18	Основні переваги монарних парогазових установок у порівнянні з ГТУ простого циклу (Л. [15])	
19	Особливості схем парогазових установок циклу STIG та ISTIG (Л. [21], с. 130-150)	
20	Особливості схем газотурбінних установок на основі циклу Ченга (Л. [17])	
21	Основні показники технології «Водолій» та особливості її реалізації (Л. [15])	
22	Особливості застосування вугільного палива у газотурбінних установках (Л. [15])	

7. Політика та контроль компонента)

Вимоги викладача до студентів:

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) Практичні заняття
- 2) Робота на лекціях
- 3) ДКР.
- 4) Модульна контрольна робота

1. Практичні заняття:

За умови гарної підготовки і активної роботи на практичному занятті – 1 бал. Одному або двом кращим студентам на кожному практичному занятті може додаватися як заохочувальний 1 бал.

2. Робота на лекціях

3. ДКР:

«відмінно» - 30-28 балів – виконано всі вимоги до роботи

«добре» - 27-25 балів – виконано майже всі вимоги до роботи, але є не суттєві помилки;

«задовільно» - 24-20 балів - є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки;

«незадовільно» - 0 балів – робота не виконана.

4. Контрольна робота

«відмінно» - 20-18 балів – виконано всі вимоги до роботи

«добре» - 17-15 балів – виконано майже всі вимоги до роботи, але є не суттєві помилки;

«задовільно» - 14-10 балів - є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки;

«незадовільно» - 0 балів – робота не виконана.

Заохочувальні і штрафні бали:

бали

1. Несвоєчасне виконання завдання СРС, розрахункової роботи	-1
2. Відсутність на лекції або на практичних заняттях без поважних причин	-2

5. Відповідь на заняттях	
а) повністю правильно надана відповідь	3
б) частково правильно надана відповідь оцінюється;	1 – 2
в) неправильно надана відповідь оцінюється	0
6. Ведення конспекту лекцій	1 - 5

Рейтинг R_D студента складається з рейтингу, одержаного протягом семестру з урахуванням заохочувальних і штрафних балів R_C , і рейтингу його екзаменаційної

$$R_D = R_C + R_E$$

$$R_D = 100 \text{ балів}$$

Виходячи з розміру шкали $R_E = 40$ балів, складаються критерії екзаменаційного оцінювання

40-31 - завдання виконано правильно, ретельно оформлено, на запитання подані правильні відповіді, можливі незначні пропуски, які виправлені після додаткових запитань викладача;

30-21 – завдання виконано з помилками, які студент виправив після зауваження викладача, задовільно оформлено, на більшість запитань подані правильні відповіді;

20-10 - завдання виконано з грубими помилками, або не повністю, але виконано додаткове завдання менш складне за той же тематики;

9-1 - завдання виконано з грубими помилками, або не повністю, та не виконано додаткове завдання менш складне за той же тематики;

0 - завдання не виконано.

Для отримання студентом відповідних оцінок його рейтингова оцінка R_D переводиться згідно з таблицею

Питання для контрольної роботи.

Шляхи підвищення економічності ГТУ.

Принципова схема ГТУ закритого циклу. Атомні ГТУ.

Типи систем охолодження ГТУ та вимоги до них.

Використання ГТУ на теплових електростанціях.

Дифузійний режим горіння, переваги, недоліки.

Основні особливості газової турбіни (у порівнянні з ПТУ).

Класифікація технологій газифікації вугілля для ПГУ на твердому паливі.

Засоби інтенсифікації процесів горіння.

Характеристики циклу ГТУ.

Типи систем охолодження ГТУ та вимоги до них.

Спалювання однорідної газової суміші, переваги, недоліки.

Способи підвищення t_c . Високотемпературні ГТУ.

Газопарові установки (ГПУ-К та ГПУ-ПК). Основні напрямки розвитку сучасної практики розробки палиникових пристроїв.

Домашня контрольна робота: Розрахунок теплової схеми простої ГТУ

№ вар.	N_e , МВт	t_c , °C	t_a , °C	ε	λ	η_{kc}	$\eta_{мех}$	$\eta_{ег}$	η_T	η_k	α_{yt}
1	70	850	14	12	0,94	0,99	0,98	0,98	0,88	0,87	0,005
2	75	890	15	14	0,96	0,995	0,985	0,98	0,89	0,87	0,006
3	100	860	16	16	0,95	1,0	0,98	0,98	0,90	0,87	0,007
4	110	920	14	14	0,94	0,99	0,98	0,98	0,88	0,87	0,008
5	115	910	15	15	0,96	0,995	0,985	0,98	0,89	0,87	0,009
6	120	800	16	16	0,95	1,0	0,98	0,98	0,90	0,87	0,01
7	125	820	14	12	0,94	0,99	0,99	0,98	0,88	0,87	0,011
8	135	850	15	14	0,96	0,995	0,985	0,98	0,89	0,87	0,012
9	140	875	16	16	0,95	1,0	0,98	0,98	0,90	0,87	0,005
10	150	900	14	12	0,94	0,99	0,99	0,98	0,88	0,87	0,006
11	170	875	15	14	0,96	0,995	0,985	0,98	0,89	0,87	0,007
12	180	900	16	16	0,95	1,0	0,98	0,98	0,90	0,87	0,008
13	200	920	14	18	0,94	0,99	0,985	0,98	0,88	0,87	0,009
14	210	900	15	14	0,96	0,995	0,99	0,98	0,89	0,87	0,01
15	220	910	16	16	0,94	0,99	0,98	0,98	0,90	0,87	0,012
16	230	920	14	15	0,95	1,0	0,985	0,98	0,88	0,87	0,005
17	240	900	15	18	0,96	0,995	0,99	0,98	0,89	0,87	0,006
18	250	920	16	14	0,94	0,99	0,98	0,98	0,90	0,87	0,007

Паливо – газ ($C = 85\%$; $H = 15\%$); $K_T = 44300$ кДж/кг; $L_0 = 15$ кг повітря/ кг

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц. Грановською О.О.

Ухвалено кафедрою ТЕУТ та АЕС (протокол № 19 від 8.06.2021)

Погоджено Методичною радою факультету (протокол № 11 від 24.06.2021)