



Турбіни АЕС

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | <i>Перший (бакалаврський)</i> |
| Галузь знань | <i>14 Електрична інженерія</i> |
| Спеціальність | <i>142 Енергетичне машинобудування</i> |
| Освітня програма | <i>Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем</i> |
| Статус дисципліни | <i>Нормативна</i> |
| Форма навчання | <i>очна(денна)</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>3 курс, осінній семестр</i> |
| Обсяг дисципліни | <i>4,5 кредитів ECTS, 135 годин: 36 годин лекцій, 36 годин практичні заняття, 144 годин самостійної роботи</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>екзамен/ модульна контрольна робота, розрахунково-графічна робота</i> |
| Розклад занять | http://roz.kpi.ua/ |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Лектор: к.т.н., доц., Бутовський Леонід Сергійович, 096-633-07-21 homet129@gmail.com</i> <i>Практичні заняття: к.т.н., доц., Бутовський Леонід Сергійович, 096-633-07-21 homet129@gmail.com</i> |
| Розміщення курсу | https://campus.kpi.ua/ , https://do.ipo.kpi.ua/ |

Програма навчальної дисципліни

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

Класифікація парових турбін за призначенням. Умовні позначення турбін. Цикли турбоустановок та показники їхньої економічності. Теплова схема паротурбінного циклу. Шляхи підвищення економічності циклу турбоустановок - вплив початкових та кінцевих параметрів пари, проміжний перегрів. Техніко-економічні показники сучасних паротурбінних установок теплових та атомних електростанцій. Перетворення енергії у турбінному ступеню. Основні рівняння робочого процесу у турбінному ступеню. Робочий процес ступенів вологої пари. Процес розширення вологої пари. Робочий процес у багатоступінчатій турбіні. Порядок розрахунку багатоступінчатої турбіни. 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. Теплова схема гаотурбінного циклу. Переваги та недоліки газотурбінних установок. Характеристики циклу та шляхи підвищення їх економічності. Схеми сучасних парогазових установок. Конструкція органів паророзподіл. Конструкція основного та допоміжного обладнання.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних **компетентностей**.

ЗК 8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ФК 1. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі енергетичного машинобудування.

ФК 3. Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності.

ФК 8. Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.

Основні завдання навчальної дисципліни.

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

ПРН 4. Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

ПРН 11. Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації спеціальності 142 Енергетичне машинобудування.

ПРН 20. Розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя.

ПРН 23. Визначати та аналізувати теплогідравлічні та аеродинамічні характеристики роботи енергетичного і технологічного обладнання в умовах зміни режимних та експлуатаційних параметрів.

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

Пререквізити: Технічна термодинаміка.

Постреквізити: дисципліни, які пов'язані з проектуванням і експлуатацією енергетичного обладнання АЕС.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1

Предмет та зміст курсу

Тема 1.1. Історія розвитку та стан енергетики України

Розділ 2

Термодинамічні цикли турбоустановки та їх показники

Тема 2.1. Основи циклу паротурбінних установок

Тема 2.2. Теплові схеми сучасних паротурбінних установок.

Розділ 3

Ступінь турбіни

Тема 3.1. Перетворення енергії пари у ступеню турбіни

Тема 3.2. Характеристики турбінних решіток

Тема 3.3. Особливості течії вологої пари у ступені

Розділ 4

Багатоступінчата турбіна

Тема 4.1. Робочий процес у багатоступінчатій турбіні

Тема 4.2. Розрахунок багатоступінчатої турбіни

Розділ 5

Газові турбіни. Газотурбінні та парогазові установки АЕС

Тема 5.1. Газові турбіни та газотурбінні установки

Тема 5.2. Парогазові установки.

Розділ 6

Конструкція основного та допоміжного обладнання

Тема 6.1. Конструкції турбоустановок

Тема 6.2. Конструкція допоміжного обладнання

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література

1. Лут М.Т., Мірошнік О.В. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК / Харків: Факт, 2008. – 431 с.
2. Оцінка залишкового ресурсу та подовження експлуатації парових турбін великої потужності (частина 3). Монографія для науковців та докторів філософії / О.Ю. Черноусенко, Д.В. Риндюк, В.А. Пешко // Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – 297 с.
3. Введення в технічну діагностику машин: навч. посіб. / В.М. Нагорний. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 483 с.
4. Розрахунки теплових схем паротурбінних установок .Методичні вказівки до виконання курсової та самостійної роботи для студентів напрямів підготовки 6.050601 «Теплоенергетика», 6.050604 «Енергомашинобудування», 6.050603 «Атомна енергетика» програм професійного спрямування «Теплові електричні станції». «Котлі та реактори», «Атомна енергетика», «Теплофізика» для студентів теплоенергетичних спеціальностей денної та заочної форм навчання. .Уклад: О.Ю.Черноусенко, Л.С.Бутовський, О.О. Грановська – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 48с.
5. Тепловий розрахунок одноступеневої парової турбіни.Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи з дисциплін «Парові та газові турбіни», «Теплова частина електростанцій», «Турбіни ТЕС та АЕС» для студентів напрямів підготовки 6.050601 «Теплоенергетика», 6.050604 «Енергомашинобудування», 6.050603 «Атомна енергетика»програм професійного спрямування« Теплові електричні станції»,

«Котли та реактори», «Атомна енергетика», «Теплофізика» для студентів теплоенергетичних спеціальностей денної та заочної форм навчання. / Уклад: О.Ю.Черноусенко, Л.С.Бутовський, О.О. Грановська, О.С.Мороз // – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – 60 с..

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

6. Контроль металу і подовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій: СОУ-Н МПЕ 40.17.401: 2004. – Офіц. Вид. – К: ГРІФРЕ: Міністерство палива і енергетики України, 2005. – 76 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України. Типова інструкція).
7. Парові і газові турбіни для електростанцій. Під ред. А.Г.Костюка та ін. – М.: Видав. дім МЕІ. – 2008. – 556 с. (російською).
8. Доброхотов В.И., Жгулев Г.В. Эксплуатация энергетических блоков. М.: Энергоатомиздат. 1987. – 256 с. (російською).
9. Конструкція основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС. Частина 1, Статор: Метод. вказівки до викон. лабор. робіт для студентів теплоенергетичних спеціальностей денної та заочної форм навчання. / Уклад: О.Ю.Черноусенко, Л.С.Бутовський, О.О. Грановська / – К.: ВПІ ВПК “Політехніка”, 2010 – 66 с.
10. Конструкція основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС. Частина 2, Ротор: Метод. вказівки до викон. лабор. робіт для студентів теплоенергетичних спеціальностей денної та заочної форм навчання. / Уклад: О.Ю.Черноусенко, Л.С.Бутовський, О.О. Грановська / – К.: ВПІ ВПК “Політехніка”, 2010 – 66 с.
11. Heinz P. Bloch, Murari Sighn. Steam Turbines. Design, Application and Re-Rating. McGraw Hill Professional, 2008. – 352 p

Інформаційні ресурси

1. Сайт МПЕ України – www/mpe.gov.ua.
Сайт ВАТ «Турбоатом» - <http://www.turboatom.com/ua/press/news/1637.htm1>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС) |
|---|--|
| 1. | 2 |
| Розділ 1 Предмет та зміст курсу | |
| Тема 1.1. Історія розвитку та стан енергетики України | |
| 1 | Лекція 1. Предмет та зміст курсу. Історія розвитку енергетики та турбінобудування. Стан сучасного турбінобудування на Україні та за кордоном. Перспективи розвитку енергетики. |
| Розділ 2 Термодинамічні цикли турбоустановки та їх показники | |
| Тема 2.1. Основи циклу паротурбінних установок | |
| 2. | Лекція 2. Класифікація показників ефективності турбін. Класифікація парових турбін за призначенням. Умовні позначення турбін. Цикли турбоустановок та показники їхньої економічності. Теплова схема паротурбінного циклу. |
| 3. | Лекція 3. Шляхи підвищення економічності циклу турбоустановок - вплив початкових та кінцевих параметрів пари, проміжний перегрів. |
| Тема 2.2. Теплові схеми сучасних паротурбінних установок. | |
| 4 | Лекція 4. Регенеративний підігрів питної води та його вплив на економічність турбоустановки. Техніко-економічні показники сучасних паротурбінних установок теплових та атомних електростанцій |
| Розділ 3 Ступінь турбіни | |
| Тема 3.1. Перетворення енергії пари у ступеню турбіни | |
| 5 | Лекція 5. Процеси течії пари в соплових решітках турбінного ступеню. Перетворення енергії у турбінному ступеню. Основні рівняння робочого процесу у турбінному ступеню. Розширення пари у косому зрізі сопла, яке звужується. Трикутники швидкостей. Абсолютні та відносні швидкості. |
| 6 | Лекція 6. Сили, які діють на робочі лопатки. Повний та роздільний підвід пари, ступінь парціальності. Тепловий процес у каналах робочих лопаток активних та реактивних ступенів. Відносний лопатковий к.к.д. ступеню, залежність від відношення швидкостей. |
| Тема 3.2. Характеристики турбінних решіток | |

| | |
|----|--|
| 7 | Лекція 7. Турбінні решітки, їх геометричні та аеродинамічні характеристики. Втрати профільні та кінцеві. Визначення основних розмірів соплових та робочих решіток ступенів. Необхідність зміни профілю вздовж висоти лопаток. Ступені з довгими лопатками. |
| 8 | Лекція 8. Втрати на тертя та вентиляцію, втрати від парці альності, втрати від витіку пари. Внутрішній відносний к.к.д. ступені. Вибір оптимального відношення швидкостей |
| 9 | Лекція 9. Ступінь швидкості, її характеристики. Розподіл реактивності. Побудування робочого процесу, розміри соплових та робочих лопаток у ступеню швидкості. |
| 10 | Тема 3.3. Особливості течії вологої пари у ступені Лекція 10. Робочий процес ступенів вологої пари. Процес розширення вологої пари. Кінетика процесу конденсації. Рух вологи у ступеню турбіни. Втрати енергії у ступеню від вологості. Внутрішньоканальна сепарація. Ерозія робочих лопаток, ерозійний знос елементів проточної частини у турбінах вологої пари. |
| | Розділ 4. Багатоступінчата турбіна |
| | Тема 4.1. Робочий процес у багатоступінчатій турбіні |
| 11 | Лекція 11. Робочий процес у багатоступінчатій турбіні. Кінцеві ущільнення. Втрати енергії у стопірному та регулюючих клапанах, вхідних та вихідних патрубках, перепускних пристроях. Переваги та недоліки багатоступінчатої турбіни. |
| | Тема 4.2. Розрахунок багатоступінчатої турбіни |
| 12 | Лекція 12. Повернення тепла. Порядок розрахунку багатоступінчатої турбіни. Визначення розмірів першого та останнього ступенів турбіни. |
| 13 | Лекція 13. Кількість ступенів та розподіл теплоперепадів між ними. Особливості детального розрахунку ступенів турбіни. Гранична потужність однопотокової турбіни. Багатоциліндрові турбіни. |
| | Розділ 5 Конденсаційні установки парових турбін |
| | Тема 5.1. Принципова схема конденсаційної установки |
| 14 | Лекція 14. Схема конденсаційної установки та її елементи. Тепловий процес в конденсаторі. Основи теплового розрахунку конденсатора. |
| | Тема 5.2. Конструктивні особливості конденсаційних установок |
| 15 | Лекція 15. Конструкція конденсаторів. Ежектори, конденсатні та циркуляційні установки. |
| 16 | Лекція 16. Особливості роботи при змінних режимах роботи турбоустановки |
| | Розділ 6. Конструкція основного та допоміжного обладнання |
| | Тема 6.1. Конструкції турбоустановок |
| 17 | Лекція 17. Конструкція органів паророзподілу. Статори парових турбін. Ротори парових турбін. Підшипники парових турбін. Конденсаційна установка та процес конденсації пари. Конструкції конденсаторів. |
| | Тема 6.2. Конструкція допоміжного обладнання |
| 18 | Лекція 18. Регенеративні підігрівачі високого та низького тиску. Деаератор. призначення, конструкція. Сепаратори та проміжні перегрівачі. |

Практичні заняття

Основним завданням практичних занять є набуття студентами практичних навичок розрахунку процесів розширення робочого тіла у турбіні

| Назва теми заняття |
|---|
| Розділ 2 Термодинамічні цикли турбоустановки та їх показники |
| Тема 2.1. Основи циклу паротурбінних установок. |
| <u>Практичне заняття 1.</u> Розрахунки впливу зміни параметрів на характеристики циклу паротурбінної установки 2 год. |
| <u>Практичне заняття 2.</u> Модульна контрольна робота. Частина 1– 1 год. Розрахунки к.к.д. ступеню турбіни – 1 год. |
| Розділ 3 Ступінь турбіни |
| Тема 3.1. Перетворення енергії пари у ступеню турбіни |
| <u>Практичне заняття 3,4.</u> Розрахунки к.к.д. ступеню турбіни – 4 год. |
| Тема 3.2. Характеристики турбінних решіток |
| <u>Практичне заняття 5.</u> Розрахунки трикутників швидкості турбінного ступеня -2 год |
| <u>Практичне заняття 6.</u> Модульна контрольна робота. Частина 2 – 1 год. |

| |
|---|
| Розрахунки втрат енергії пари при дросельному та сопловому паророзподілах – 1 год. |
| Тема 4.1. Робочий процес у багатоступінчатій турбіні |
| <u>Практичне заняття 7,8.</u> Розрахунки втрат енергії пари при дросельному та сопловому паророзподілах – 4 год. |
| Тема 4.2. Розрахунок багатоступінчатої турбіни |
| <u>Практичне заняття 9,10.</u> Розрахунки першого та останнього ступенів турбіни – 4 год. |
| <u>Практичне заняття 11,12.</u> Визначення кількості ступенів в турбіні – 4 год. |
| Розділ 5 Газові турбіни. Газотурбінні та парогазові установки АЕС |
| Тема 5.1. Газові турбіни та газотурбінні установки |
| <u>Практичне заняття 13,14.</u> Розрахунки впливу зміни параметрів та схем включення на характеристики циклу газотурбінної установки – 4 год. |
| Тема 5.2. Парогазові установки. |
| <u>Практичне заняття 15,16.</u> Схеми сучасних парогазових установок – 4 год. |
| Розділ 6. Конструкція основного та допоміжного обладнання |
| Тема 6.1. Конструкції турбоустановок |
| <u>Практичне заняття 17.</u> Схеми сучасних парогазових установок – 2 год. |
| Тема 6.2. Конструкція допоміжного обладнання |
| <u>Практичне заняття 18.</u> Конструкції турбоустановок – 2 год |

6. Самостійна робота студента

| № з/п | Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу |
|-------|---|
| 1. | Перспективи розвитку енергетики. |
| 1. | Удосконалення теплових схем турбоустановок. |
| 2. | Регулювання параметри промперегріву |
| 4 | Розробка циклу паротурбінних установок на суперзверхкритичні параметри. |
| 5 | Перспективи розвитку турбоустановок АЕС з двократною сепарацією пари. |
| 6 | Вплив параметрів пари на економічність ступеню. |
| 7 | Вплив зміни ступеню реактивності на економічні показники. |
| 8 | Закони профілювання довгих лопаток |
| 9 | Вплив геометричних параметрів ступеню на внутрішній відносний к.к.д. ступеню. |
| 10 | Типорозміри ступенів швидкості у сучасних турбінах. |
| 11 | Сучасні методи боротьби з вологістю пари в ступенях турбіни. |
| 12 | Модернізація конструкцій кінцевих ущільнень. |
| 13 | Методи розрахунку проточної частини багатоступеневої турбіни. |
| 14 | Переваги та перспективи використання саблеподібних соплових лопаток. |
| 15 | Методи підвищення ефективності циклу газотурбінних установок. |
| 16 | Сучасні ефективні схеми парогазових установок. |
| 17 | Конструкція підшипників сучасних парових турбін. |
| 18 | Методи удосконалення конструкції конденсаторів парових турбін. |
| 19 | Підвищення ефективності конденсаційної установки турбіни шляхом використання теплообмінних трубок нового профілю. |

Індивідуальні завдання

У якості індивідуального завдання студенти виконують розрахунково–графічну роботу (у рамках виконання СРС – 15 годин).

Основною метою розрахунково-графічної роботи є набуття студентами навичок практичного досвіду при виконанні розрахунків паротурбінної установки, визначенні розмірів проточної частини турбіни та зведення теплового балансу турбіни.

Тематика індивідуальних завдань надана у Додатку 1

Модульна контрольна робота

Основні цілі МКР:

- перевірка якості засвоєння поточного навчального матеріалу з лекцій дисципліни та самостійної роботи студентів по рекомендованій літературі;
- виявлення студентів з недостатнім рівнем засвоєння навчального матеріалу, з'ясування причин їх відставання та надання їм необхідної допомоги для підвищення успішності.

Тематика МКР:

1. Визначення коефіцієнту корисної дії циклу установки перевірка якості засвоєння на зазначені параметри пари.
2. Розрахунки відноснoвнoутрішньoгo коефіцієнта корисної дії ступеню парової турбіни, розрахунки трикутників, втрат на тертя та вентиляцію.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- відвідування занять (лекцій, практичних та лабораторних);
- готовність відповідей при опитуванні, оперативне реагування на запити та питання викладача;
- дотримання правил поведінки на заняттях (активність, уникнення телефонних розмов під час аудиторних занять, зосередженість на матеріалі заняття, відключення телефонів, використання відповідних засобів для оперативного пошуку інформації);
- заохочувальні бали надаються у відповідності до «системи оцінювання результатів навчання», штрафні бали є засобом протидії плагіату та несвоєчасному виконанню завдань;
- розуміння та дотримання рейтингової системи оцінювання (PCO);
- політика дедлайнів та перескладань полягає у виконанні поточних модульних робіт, завдань практичних занять і СРС до початку сесії;
- політика щодо академічної доброчесності відповідає загальним положенням, прийнятим у «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>);
- політика навчальної дисципліни спрямована на розвиток індивідуальних здібностей в напрямку набуття компетентностей щодо використання методів і методик визначення інтенсивності тепловіддачі, а також розширення сфер застосування отриманих знань, умінь і досвіду при дослідженні і проектуванні енергетичного обладнання;
- інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам університету.

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

Види контролю знань студента з дисципліни:

- поточний контроль: опитування за темами занять, виконання модульної контрольної роботи, виконання і захист розрахунково-графічної роботи;
- календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог PCO;
- семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за опитуваннями, виконання завдань СРС по лекційній частині, виконання і захист розрахунково-графічної роботи, а також загальний семестровий рейтинг не менше 30 балів.

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

- 1) роботу на практичних заняттях
- 2) робота на лекціях
- 3) виконання і захист РГР.
- 4) виконання модульної контрольної роботи.

Максимальна сума балів стартової складової складає 60.

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 (максимально 5 балів).

2. Робота на лекціях: За умови активної роботи на лекціях та ведення конспекту блекцій – 5 балів.

Відповідь на заняттях

повністю правильно надана відповідь – 3 бали;
частково правильно надана відповідь – 1...2 бали;
неправильно надана відповідь – 0 балів.

3. Розрахункова робота:

30–28 балів – виконано всі вимоги до роботи

27–25 балів – виконано майже всі вимоги до роботи, але є не суттєві недоліки;

24–20 балів – є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки;

0 балів – робота не виконана.

4. Модульна 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:

Сертифікат проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни (заохочувальні бали) 1...5

Сертифікат, який підтверджує участь у науково–практичних або наукових конференціях за тематикою дисципліни (заохочувальні бали) 1...5

Не своєчасне виконання завдань курсу: СРС, РГР (штрафні бали, за кожне не вчасно виконане завдання) –1

Екзамен проводиться у письмово–усній формі. Перелік теоретичних питань наведений у додатку до програми дисципліни. Тобто, максимальна кількість балів за виконане завдання 40 балів.

Критерії оцінювання:

Кожне теоретичне питання (практичне завдання) екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи 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.

Рейтинг R_D студента складається з рейтингу, отриманого продовж семестру з урахуванням заохочувальних і штрафних балів R_C , і рейтингу його екзамену

$$R_D = R_C + R_E$$

$R_D = 100$ 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 аспірантом умов допуску до екзамену. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально 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 аспірантом 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

Студенти 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://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf).

Студенти 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. Навчання в умовах правового режиму воєнного стану:

- передбачає проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
- кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);
- у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

3. Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 10 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково-практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни.

Додаток 1

Завдання на РГР

| Варіант | N_e , кВт | P_o , МПа | T_o , °C | P_2 , МПа | N , об/хв |
|---------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 320 | 3,2 | 320 | 1,4 | 5000 |
| 2 | 320 | 2,8 | 320 | 1,2 | 5000 |
| 3 | 320 | 2,6 | 320 | 1,0 | 5000 |
| 4 | 320 | 2,4 | 320 | 0,8 | 5000 |
| 5 | 300 | 3,2 | 300 | 0,6 | 6000 |
| 6 | 300 | 2,8 | 300 | 1,4 | 6000 |
| 7 | 300 | 2,6 | 300 | 1,2 | 6000 |
| 8 | 300 | 2,4 | 300 | 1,0 | 6000 |
| 9 | 280 | 3,2 | 280 | 0,8 | 4000 |

| | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|------|
| 10 | 280 | 2,8 | 280 | 0,6 | 4000 |
| 11 | 280 | 2,6 | 280 | 1,4 | 4000 |
| 12 | 280 | 2,4 | 280 | 1,2 | 4000 |
| 13 | 400 | 3,2 | 400 | 1,0 | 4500 |
| 14 | 400 | 2,8 | 400 | 0,8 | 4500 |
| 15 | 400 | 2,6 | 400 | 0,6 | 4500 |
| 16 | 400 | 2,4 | 400 | 1,4 | 4500 |

Додаток 2

Завдання на модульну контрольну роботу

1. Розрахувати процес розширення пари в ступені турбіни. Побудувати його в $h-s$ координатах.
2. Визначити втрати в ступеня і відносний лопатковий ККД. Побудувати трикутник швидкостей.

1. $H_0 = 50$ кДж/кг; $\rho = 0,15$; $c_0 = 70$ м/с; $d = 0,9$ м; $\phi = 0,95$; $\psi = 0,86$;

$\alpha_1 = 11^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

2. $H_0 = 75$ кДж/кг; $\rho = 0,35$; $c_0 = 90$ м/с; $d = 1,0$ м; $\phi = 0,94$; $\psi = 0,85$;

$\alpha_1 = 20^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 5^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

3. $H_0 = 45$ кДж/кг; $\rho = 0$; $c_0 = 25$ м/с; $d = 0,8$ м; $\phi = 0,96$; $\psi = 0,87$;

$\alpha_1 = 11^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

4. $H_0 = 60$ кДж/кг; $\rho = 0,2$; $c_0 = 80$ м/с; $d = 0,85$ м; $\phi = 0,96$; $\psi = 0,86$;

$\alpha_1 = 14^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

5. $H_0 = 110$ кДж/кг; $\rho = 0,45$; $c_0 = 120$ м/с; $d = 1,0$ м; $\phi = 0,96$; $\psi = 0,87$;

$\alpha_1 = 25^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 7^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

6. $H_0 = 65$ кДж/кг; $\rho = 0,25$; $c_0 = 80$ м/с; $d = 0,9$ м; $\phi = 0,94$; $\psi = 0,84$;

$\alpha_1 = 14^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

7. $H_0 = 120$ кДж/кг; $\rho = 0,45$; $c_0 = 100$ м/с; $d = 1,2$ м; $\phi = 0,96$; $\psi = 0,87$;

$\alpha_1 = 11^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

8. $H_0 = 75$ кДж/кг; $\rho = 0,3$; $c_0 = 80$ м/с; $d = 0,9$ м; $\phi = 0,96$; $\psi = 0,85$;

$\alpha_1 = 19^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

9. $H_0 = 85$ кДж/кг; $\rho = 0,55$; $c_0 = 100$ м/с; $d = 1,2$ м; $\phi = 0,96$; $\psi = 0,86$;

$\alpha_1 = 25^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 7^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

10. $H_0 = 70$ кДж/кг; $\rho = 0,4$; $c_0 = 50$ м/с; $d = 1,2$ м; $\phi = 0,95$; $\psi = 0,87$;

$\alpha_1 = 25^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

11. $H_0 = 40$ кДж/кг; $\rho = 0,1$; $c_0 = 30$ м/с; $d = 0,8$ м; $\phi = 0,95$; $\psi = 0,82$;

$\alpha_1 = 12^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

12. $H_0 = 80$ кДж/кг; $\rho = 0,4$; $c_0 = 90$ м/с; $d = 1,0$ м; $\phi = 0,96$; $\psi = 0,86$;

$\alpha_1 = 14^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

13. $H_0 = 40$ кДж/кг; $\rho = 0$; $c_0 = 60$ м/с; $d = 0,9$ м; $\phi = 0,95$; $\psi = 0,86$;

$\alpha_1 = 12^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

14. $H_0 = 70$ кДж/кг; $\rho = 0,3$; $c_0 = 90$ м/с; $d = 1,0$ м; $\phi = 0,94$; $\psi = 0,85$;

$\alpha_1 = 20^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 5^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

15. $H_0 = 45$ кДж/кг; $\rho = 0,1$; $c_0 = 35$ м/с; $d = 0,85$ м; $\phi = 0,96$; $\psi = 0,87$;

$\alpha_1 = 12^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц. Бутовський Л.С.

Ухвалено кафедрою ТАЕ (протокол № 19 від 8.06.2022)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30.06.2022 р.)