



ДІАГНОСТИКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	144 «Теплоенергетика»
Освітня програма	«Теплоенергетика»
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	очна(денна), заочна
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	3,5 кредитів ЄКТС, 36 год. лекцій, 18 год. лабораторних робіт
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, проміжна і підсумкова контрольна робота, захист лабораторних робіт
Розклад занять	Згідно: rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., професор, Бовсуновський Анатолій Петрович, e-mail: apbovsunovsky@gmail.com Практичні / Семінарські: д.т.н., професор, Бовсуновський Анатолій Петрович, e-mail: apbovsunovsky@gmail.com
Розміщення курсу	Campus: https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&sd=10192&cm=14397&rcms=189494&ssm=cm&tree_list=

Програма навчальної дисципліни

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

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів наступних компетентностей.

ЗАГАЛЬНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ:

- ЗК1 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності
- ЗК2 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК3 Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувачі мають продемонструвати такі результати навчання:

ФАХОВІ КОМПЕТЕНТНОСТІ:

- ФК 1 Здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці.

- **ФК 2** Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем теплоенергетики
- **ФК 3** Здатність застосовувати релевантні математичні методи для розв'язання складних задач в теплоенергетиці.
- **ФК 6** Здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей та характеристик
- **ФК 8** Здатність здійснювати наукові та прикладні дослідження в теплоенергетиці.

ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ:

- **ПРН1** Аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до обраного напрямку теплоенергетики.
- **ПРН2** Аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики.
- **ПРН4** Відшукувати необхідну інформацію з різних джерел, оцінювати, обробляти та аналізувати цю інформацію.
- **ПРН5** Розробляти і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів теплоенергетики, перевіряти адекватність моделей, порівнювати результати моделювання з іншими даними та оцінювати їх точність і надійність.
- **ПРН6** Приймати ефективні рішення, використовуючи сучасні методи та інструменти порівняння альтернатив, оцінювання ризиків та прогнозування.
- **ПРН11** Оцінювати і забезпечувати якість об'єктів і процесів теплоенергетики.
- **ПРН18** Виконувати наукові дослідження, аналізувати, обробляти, оцінювати та презентувати результати досліджень, аргументувати висновки.

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

Кредитний модуль «Діагностика теплоенергетичного устаткування» входить до дисципліни «Діагностика теплоенергетичного устаткування теплових та атомних електричних станцій» при підготовці бакалаврів напрямку «Теплоенергетика». Зазначений кредитний модуль включений до варіативної частини магістерської підготовки. У структурно-логічній схемі навчання зазначена дисципліна розміщена на 2 курсі. Дисципліни, що її забезпечують, є «Теплові та атомні електричні станції та установки», «Надійність енергетичного обладнання теплових та атомних електростанцій», «Проектування теплових електричних станцій», «Автоматизовані системи управління теплоенергетичними процесами». Дана дисципліна забезпечує «Виконання магістерської дисертації». В кредитному модулі "Діагностика теплоенергетичного устаткування" розглядаються основи технічної діагностики енергетичного обладнання, методи проведення дефектоскопії та автоматизованого контролю, неруйнівний контроль металу та зварних швів, основи теорії прогнозування та визначення залишкового ресурсу енергетичного обладнання.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Технічна діагностика та контроль. Методи діагностування.

Тема 1. Технічна діагностика та її основні поняття. Мета та завдання технічної діагностики. Технічний контроль.

Тема 2. Основи технічного контролю енергетичного обладнання. Стратегії технічного обслуговування. Методи діагностування.

Тема 3. Вірогіднісні методи діагностування та прогнозування технічного стану.

Тема 4. Віброметрія як метод технічного діагностування обертового обладнання.

Тема 5. Види невірноваженості обертового обладнання та методи його балансування.

Розділ 2. Неруйнівний контроль основного металу, граничний стан та ресурс енергетичного обладнання.

Тема 6. Акустична та візуальна інтро- та ендоскопія.

Тема 7. Теплові методи діагностування.

Тема 8. Методи неруйнівного контролю основного металу та зварних швів енергетичного обладнання..

Тема 9. Прогнозування довговічності експлуатації енергетичного обладнання. Граничний стан та індивідуальний ресурс

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Оцінка залишкового ресурсу та подовження експлуатації парових турбін великої потужності (частина 3). Монографія для науковців та докторів філософії за спеціальністю 144 «Теплоенергетика» / О. Ю. Черноусенко, Д. В. Риндюк, В. А. Пешко // К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – 297 с.
2. Луг М.Т., Мірошник О.В., Трунова М.І. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК. Харків: Факт, 2008.- 431 с.
3. Діагностика теплоенергетичного устаткування теплових та атомних електричних станцій: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.А. Пешко, О.Ю. Черноусенко, Д.В. Риндюк.– Електронні текстові дані (1 файл: 7,75 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 81 с.
4. Введення в технічну діагностику машин: навчальний посібник / В.М. Нагорний. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 483 с.
5. Діагностика електрообладнання: навчальний посібник / В. М. Кутін, М. О. Ілюхін, М. В. Кутіна – Вінниця: Вінницький Національний Технічний Університет, 2013. – 161 с.
6. Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій: СОУ-Н МПЕ 40.17.401:2004.-Офіц. вид.- К.: ГРІФРЕ: М-во палива та енергетики України, 2005. - 76с.- (Нормативний документ Мінпаливенерго України, Типова інструкція).
7. Визначення розрахункового ресурсу та оцінки живучості роторів та корпусних деталей турбіни: СОУ-Н МЕР 40.1-21677681-52:2011 Методичні вказівки/ Міненерговугілля України / Н.Г. Шульженко - Офіц. вид., К.: ГРІФРЕ: М-во палива та енергетики України, 2011. – 27 с.- (Нормативний документ Мінпаливенерго України, Типова інструкція).

Додаткова література:

1. Костюк А.Г. Парові та газові турбіни для електростанцій. Підручник для вузів. / А.Г. Костюк, В.В.Фролов, А.Е.Булкін, А.Д.Трухний //- М: Видавничий дім МЕІ, 2008, 556 с. (російською).
2. Тепловой контроль и диагностика. Учебное пособие / Д.А. Нестерук, В.П. Вавилов. – Томск: Томский политехнический университет, 2007. – 104 с.
3. Техническая диагностика механического оборудования / Сидоров В.А., Кравченко В.М., Седуш В.Я., Ошовская Е.В. – Донецк: Новый мир, 2003. – 125 с.
4. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Опрацьовуються і засвоюються матеріали лекцій і виконуються завдання на самостійну роботу за темами лекцій.

Лекція 1. Технічна діагностика та її основні поняття. Мета та завдання технічної діагностики. Технічний контроль.

Лекція 2. Основи технічного контролю енергетичного обладнання. Стратегії технічного обслуговування. Методи діагностування.

Лекція 3. Вірогіднісні методи діагностування та прогнозування технічного стану.

Лекція 4. Акустична та візуальна інтро- та ендоскопія.

Лекція 5. Теплові методи діагностування.

Лекція 6. Віброметрія як метод технічного діагностування обертового обладнання.

Лекція 7. Види неврівноваженості обертового обладнання та методи його балансування.

Лекція 8. Методи неруйнівного контролю основного металу та зварних швів енергетичного обладнання.

Лекція 9. Прогнозування довговічності експлуатації енергетичного обладнання. Граничний стан та індивідуальний ресурс

На лабораторних заняттях відбувається ознайомлення з теорією за темою заняття, виконується розрахункова частина роботи під керівництвом викладача, а також лабораторна робота за завданням, що видає викладач.

Лабораторна робота 1. Дослідження втомного пошкодження валопроводи парової турбіни в результаті його крутильних коливань.

Лабораторна робота 2. Дослідження власних частот коливань ротора з тріщиною втоми.

Лабораторна робота 3. Дослідження розбалансу обертового обладнання і застосування різних методів його балансування.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента полягає в опрацюванні і засвоєнні матеріалів лекцій на основі конспекту лекцій, базової і додаткової літератури, а також в підготовці до лабораторних занять і виконання розрахункових робіт відповідно до завдань, поставлених викладачем за темою лабораторної роботи.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги викладача до студентів:

- Відвідувати лекційні і лабораторні заняття;
- Виконувати завдання, поставлені на лабораторних роботах, і вчасно їх захищати;
- Максимальна кількість балів при невчасному складанні модульних контрольних зменшується вдвічі;
- Максимальна кількість балів при невчасному захисті лабораторних робіт зменшується вдвічі.

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

Поточний контроль: модульні контрольні роботи і виконання лабораторних робіт.

МКР (перша): відмінно – 25-23 балів; добре – 22-19 балів; задовільно – 18-15 балів; незадовільно – 0 балів. МКР (друга): відмінно – 25-23 балів; добре – 22-19 балів; задовільно – 18-15 балів; незадовільно – 0 балів.

Лабораторні роботи (три): відмінно – 10 балів; добре – 8 балів; задовільно – 6 балів; незадовільно – 0 балів.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: результати контрольних і практичних робіт (max 80 балів) і залік (max 20 балів).

Умови допуску до семестрового контролю: позитивне проходження двох календарних контролів, відпрацювання практичних робіт, виконання МКР.

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань на першу модульну контрольну роботу:

1. Якими є основні показники довговічності енергетичного обладнання?
2. Що таке довговічність енергетичного обладнання і якими заходами вона забезпечується?
3. Яким вимогам повинне відповідати справне енергетичного обладнання?
4. Якій чинник спричиняє несправний стан енергетичного обладнання?
5. Що розуміють під пошкодженням енергетичного обладнання?
6. Якими методами діагностується пошкодження енергетичного обладнання?
7. Якими є критерії забезпечення працездатного стану енергетичного обладнання?
8. Що таке відмова енергетичного обладнання і до яких наслідків вона призводить?
9. Що таке граничний стан енергетичного обладнання і яким чином він оцінюється?
10. Які види ресурсу визначаються для енергетичного обладнання?
11. Якими є основні шляхи збільшення ресурсу енергетичного обладнання?
12. Які основні чинники впливають на ресурс енергетичного обладнання?
13. В чому полягає відмінність між технічним контролем і технічною діагностикою?
14. Якими є основні методи технічного контролю енергетичного обладнання?
15. Якими є основні методи технічної діагностики енергетичного обладнання?
16. На чому базується основна ідея вібраційної діагностики пошкоджень енергетичного обладнання?
17. Якими є особливості вібраційної діагностики пошкоджень обертового обладнання?
18. Яким чином тріщина втоми впливає на власні частоти коливань обертового обладнання?
19. Які нелінійні ефекти коливань обертового обладнання спричиняє тріщина втоми?
20. Від яких чинників залежить ефективність вібраційної діагностики пошкодження обертового обладнання?

Перелік питань на другу модульну контрольну роботу:

1. Які експлуатаційні фактори впливають на ресурс енергетичного обладнання?
2. Яким чином оцінюється тепловий стан енергетичного обладнання?
3. Що є мірою пошкодження матеріалу при статичному і квазістатичному навантаженні енергетичного обладнання?
4. Яким чином оцінюється пошкодження матеріалу енергетичного обладнання при його динамічному навантаженні?
5. Яка принципова відмінність між малоцикловою і багатоцикловою втомою металу?
6. Які елементи енергетичного обладнання потребують дослідження на тривалу міцність матеріалу і чому?
7. З якою метою визначають характеристики тріщиностійкості матеріалу енергетичного обладнання?
8. Яким чином пов'язані характеристики тріщиностійкості матеріалу енергетичного обладнання з оцінкою залишкового ресурсу?
9. Який механізм впливу фретинг-корозії на довговічність елементів енергетичного обладнання?
10. Яким чином можливо зменшити вплив фретинг-корозії на довговічність елементів енергетичного обладнання?
11. Які методи оцінки залишкового ресурсу енергетичного обладнання використовують у відповідності до діючої нормативно-технічної документації?
12. В чому полягає методика оцінки залишкового ресурсу енергетичного обладнання на основі визначення його теплового стану?
13. В чому полягає методика оцінки залишкового ресурсу енергетичного обладнання на основі визначення його вібраційного стану?
14. Які експериментальні дослідження необхідно виконати для оцінки залишкового ресурсу енергетичного обладнання?
15. Які існують методи встановлення проектного ресурсу енергетичного обладнання?

16. Якими методами оцінюють деградацію властивостей матеріалів і конструкцій?
17. Якими є основні методи подовження ресурсу енергетичного обладнання?
18. Якими є основні методи оцінки граничного стану матеріалу конструкції?
19. Які методи оцінки розсіяного і втомного пошкодження матеріалу енергетичного обладнання використовуються при прогнозуванні граничного стану конструкції?
20. Яким чином якість технічного контролю впливає на ресурс енергетичного обладнання?

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, д.т.н., професором, Бовсунівським Анатолієм Петровичем

Ухвалено кафедрою ТЕУТ і АЕС (протокол № 19 від 18 червня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 11 від 24 червня 2021 р.)

Погоджено Методичною радою університету (протокол № __ від ____)