



Експлуатація та діагностика паротурбінних установок АЕС

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>Атомна енергетика¹</i>
Спеціальність	<i>143 Атомні електричні станції</i>
Освітня програма	<i>Атомна енергетика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна та вечірня)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3,5 кредити ECTS, 105 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, лаб. робота</i>
Розклад занять	<i>Згідно rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. Бутовський Леонід Сергійович, 096-633-07-21, homet129@gmail.com Лабораторні: ас. Шелешей Тетяна Вікторівна, 098-902-64-66, sheleshey_tanya@ukr.net
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс Zoom</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Енергоблоки атомних електростанцій з реакторами на теплових нейтронах складають основу енергетики України. Паротурбінні установки є невід'ємною частиною енергоблоків АЕС. Вони працюють у відповідних умовах, які впливають на їх конструкцію і характеристики. Слід враховувати, що експлуатація теплоенергетичного обладнання турбінного цеху пов'язана з використанням механізмів, що обертаються, запірною, регулюючою і запобіжною арматурою, гарячих паропроводів, трубопроводів, корпусів турбіни і допоміжного обладнання, які знаходяться під тиском і мають високу температуру.

. Вихід з ладу або навіть незапланований останов турбіни суттєво впливає на енерго постачання промислових підприємств і об'єктів комунального господарства. Незважаючи на високу ступінь автоматизації і установку захисних пристроїв, надійна робота енергоблоків АЕС в значній мірі залежить від ступеня підготовки, рівня знань і тренувань експлуатаційного персоналу АЕС. Всі ці обставини висувають особливі вимоги до експлуатації турбінного обладнання АЕС, основними з яких є: строга регламентація роботи експлуатаційного персоналу, особливі методи його підготовки і атастації, розробка відповідних посадових і виробничих інструкцій, проведення проти аварійних тренувань персоналу тощо.

¹ В 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».

Мета та завдання кредитного модуля

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК1. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК5. Здатність працювати в команді.

ЗК6. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК7. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Фахові компетентності спеціальності (ФК)

ФК2. Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін.

ФК6. Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі.

ФК8. Здатність продемонструвати розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів.

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

ФК12. Здатність демонструвати розуміння проблем якості в теплоенергетичній галузі.

ФК13. Здатність продемонструвати знання характеристик і властивостей матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетичній галузі.

ФК15. Здатність розробляти і реалізовувати енергозберігаючі заходи при проектуванні та експлуатації теплоенергетичного обладнання теплових електричних станцій (ТЕС).

ФК22. Здатність на підставі аналізу числових розрахунків розподілу температур, швидкостей і тиску розробляти оптимальні конструкції та експлуатаційні режими теплообмінного обладнання на ТЕС.

ФК24. Здатність використовувати математичні методи и і моделі для пошуку оптимальних технологічних режимів роботи теплоенергетичних та інших об'єктів.

ФК26. Здатність визначати найбільш ефективні теплоносії для функціонування теплоенергетичних об'єктів з урахуванням їх виробництва та розподілу.

ФК27. Здатність до проведення вимірів і спостережень на обладнанні ТЕС, складання опису проведених досліджень, підготовки результатів для складання оглядів, звітів і наукових публікацій.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

ЗН1. Знання і розуміння математики, фізики, хімії, газодинаміки, тепло - та масообміну, технічної термодинаміки, міцності, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ЗН6. Знання і розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження.

ЗН7. Знання і розуміння застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів.

ЗН10. Знання і розуміння режимів роботи обладнання, характеристик теплоносіїв, схем їх руху та відповідних матеріалів, що застосовуються при аналізі процесів і проектуванні теплоенергетичних установок і тепло-масообмінних апаратів ТЕС.

ЗН14. Знання і розуміння математичних методів і моделей для розрахунку енергетичного та матеріального балансів складних технологічних схем, пошуку оптимальних технологічних режимів роботи промислових та інших об'єктів.

УМІННЯ:

УМ1. Уміння розуміти складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

УМ5. Уміння здійснювати пошук необхідної інформації в технічній літературі, використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації.

УМ7. Уміння планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

УМ8. Уміння продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

УМ11. Уміння збирати й інтерпретувати відповідні дані і аналізувати складності в межах спеціалізації спеціальності «Теплоенергетика» для донесення суджень, які відбивають відповідні соціальні та етичні проблеми.

УМ13. Уміння ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень з інженерним співтовариством і суспільством загалом.

УМ17. Уміння класифікувати теплообмінне обладнання за різними ознаками і відповідно до заданих умов роботи теплообмінного обладнання, вибирати паливо і теплоносії, використовувати стандартні методики для виконання конструкторських і перевірочних розрахунків теплоенергетичного обладнання

УМ18. Уміння обирати і розраховувати технологічні схеми теплопостачання.

УМ19. Уміння обирати і розраховувати апарати і пристрої для використання бросової теплоти теплотехнологічних та теплоенергетичних установок; використовуючи методики оцінки ефективності і загальної економічності використання різних видів ВЕР.

УМ23. Уміння розробляти і розраховувати схеми об'єктів з теплонасосними системами теплопостачання.

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

Вимоги до початку навчання – знання з курсів «Технічна термодинаміка», «Тепло і масообмінні апарати ТЕС та АЕС», «Турбіни ТЕС і АЕС» «Автоматизовані системи управління».

Забезпечується: переддипломна практика, дипломний проект магістра професійної підготовки, дипломний проект магістра наукової підготовки.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Предмет та зміст курсу

Тема 1.1. Умови роботи турбоустановок АЕС

Предмет та зміст курсу. Режими роботи турбоустановок АЕС. Участь парових турбін АЕС у виконанні графіків електричних та теплових навантажень. Задачі обслуговуючого персоналу у забезпеченні та підвищенні надійності та економічності обладнання.

Розділ 2. Робота турбінного цеху

Тема 2.1. Організація роботи турбінного цеху

Організація роботи турбінного цеху. Експлуатаційний персонал. Права, обов'язки, відповідальність. Протиаварійні тренування, організація робочих місць. Документація з експлуатації обладнання. Підготовка експлуатаційного персоналу.

Розділ 3. Характеристики турбоустановки при зміні параметри пари

Тема 3.1. Вплив зміни параметрів пари на характеристики турбоустановки

Класифікація режимів роботи турбінних установок. Робота турбіни при змінній витраті пари, при відхиленні параметрів свіжої пари від номінальних, при зміні тиску у конденсаторі. Вплив зміни режиму на ступінь реактивності та коефіцієнт корисної дії. Змінний режим роботи ступенів великої віялості. Визначення параметрів пари при дросельному та сопловому паророзподілі. Робота турбіни з частковим відключенням обладнання теплової схеми. Регулювання потужності турбіни методом ковзних параметрів

Розділ 4. Механічні характеристики елементів турбоустановки

Тема 4.1. Вібраційні характеристики турбоустановки

Вібраційна надійність турбоагрегату. Поняття про вібрацію. Вібрація турбоагрегату та її наслідки. Вібрація зворотної частоти. Низькочастотна вібрація. Високочастотна вібрація. Норми допустимої вібрації турбоагрегату.

Тема 4.2. Робота металу при змінних параметрах

Умови роботи та особливості виготовлення деталей турбін. Вимоги до якості основних деталей турбін. Довготривала працеспроможність металів в умовах дії високої температури.

Розділ 5. Експлуатація турбоустановок АЕС при змінних режимах

Тема 5.1. Режими пуску турбоагрегату.

Режими пуску та остановки турбоагрегату. Загальні положення. Класифікація пусків та основні принципи їх визначення. Неполадки, дефекти, які перешкоджають пуску. Обладнання та технологічні особливості пускових схем. Пуск турбін з холодного, неохолодженого та гарячого стану. Пускові схеми турбоустановок К-500- 60/1500, К-220-44. Оцінка тривалості пуску за температурним станом деталей. Особливості процесу теплообміну та тепловий стан елементів турбіни під час пусків та роботі на часткових навантаженнях. Включення генератора в електромережу, приймання та набір навантаження.

Тема 5.2. Режими зупинки турбоагрегату

Останов турбоагрегату. Відключення допоміжного обладнання. Аварійний останов турбоагрегату. Догляд за турбіною, що зупинилась.

Розділ 6. Роботи допоміжного обладнання

Тема 6.1. Робота допоміжного обладнання при змінних режимах

Експлуатація конденсаційних установок, повітрявідсмоктуючих пристроїв, системи підігріву питомої води низького та високого тиску. Експлуатація деаераторів, випарників, зворотніх клапанів відборів пари. Експлуатація сепараторів, пароперегрівачів. Організація дренажно-продувочних схем. Пускоскидні схеми.

Тема 6.2. Основні елементи та експлуатація маслосистеми турбоустановки

Система змащування турбоустановок, її конструктивні особливості та основи експлуатації. Система змащування та гідропіднімання роторів турбіни К-100 60/1500. Конструктивні особливості та експлуатації маслосистеми ущільнень вала генератора. Використання вогнетривких рідин в системі маслопостачання турбіни. Боротьба із обводненням та аерацією масла, зберігання масла.

Розділ 7. Неполадки та аварії турбоустановок

Тема 7.1. Причини та наслідки неполадок елементів турбоустановок

Аналіз неполадок турбін та турбінних установок. Водяні удари, попадання у турбіну води та холодної пари. Аварії лопаток. Руйнування та пошкодження роторів та валів

Тема 7.2. Аварії корпусів, роторів, дисків, лопаток парових турбін

Види вібрації дисків. Причини наслідки руйнування дисків. Прогини діафрагми, пошкодження корпусів турбіни та клапанів. Неполадки та аварії підшипників. Неполадки та аварії та органів паророзподілу.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Трояновський Б.М., Філіппов Г.А., Булкін А.І. Парові та газові турбіни атомних електростанцій. М.: Енергоатоміздат, 1985, 256с. (на рос.мові).
2. Парові та газові турбіни. Під ред. Костюка А.Г. М., Енергоатоміздат, 1985, 352с. (на рос.мові).
3. Трухній А.Д. Стационарні парові турбіни. М.: Енергоатоміздат, 1990, 640с.
4. Яблоков Л.Д., Логінов І.Г. Парові та газові турбоустановки. М.: Енергоатоміздат, 1988, 352с. (на рос.мові).
5. Паротурбінні установки атомних електростанцій. Під ред. Косяка Ю.Ф. М.: Енергія, 1978, 312с. (на рос.мові).

Допоміжна

6. Паровые и газовые турбины для электростанций. Под ред. докт. техн. наук. А.Г.Костюка. – М.: Издат. Дом МЭИ, 556 с.
7. Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Тепловий розрахунок парової турбіни" з курсу "Нагнітачі та теплові двигуни". Київ, КПІ, 1989. (на рос. мові).
8. Методичні вказівки до розрахунку теплових схем ПТУ. Київ, КПІ, 1985. (на рос. мові).
9. Методичні вказівки до теплового розрахунку регулюючого ступеня парової турбіни з дисциплін "Парові та газові турбіни" та "Теплові двигуни". Київ, КПІ, 1987. (на рос. мові).
10. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсів "Парові та газові турбіни" та "Теплові двигуни". Розділ "Тепловий розрахунок нерегульованих ступенів парової турбіни" (на рос.мові).
11. Методичні вказівки «Конструкція та призначення основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС (Частина 1. Статор). Київ. НТУУ «КПІ», 2011.-80 с. (Електр.вар.).
12. Методичні вказівки «Конструкція та призначення основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС (Частина 1. Ротор). Київ. НТУУ «КПІ», 2012.-86 с. (Електр.вар.).
13. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з випробувань конденсаційної установки парової турбіни ПТ 50-90/13. Київ, КПІ, 1984. (на рос. мові).
14. Методичні вказівки до теплового розрахунку одноступінчатої парової турбіни. Київ, КПІ, 1984. (на рос.мові).
15. Фадєєв І.П. Ерозія вологопарових турбін. Л., Машіностроєніє, 1974, 208с. (на рос.мові).
2. Семенов О. С., Шевченко О.М. Тепловий розрахунок парової турбіни. К., Вища школа, 1975, 205с. (на рос.мові).

Інформаційні ресурси

1. Сайт МПЕ України – www/mpe.gov.ua.
2. Сайт Бібліотека електронних книг – <http://book-gu.ru/2013/03/turbiny-2/>.
3. Сайт ВАТ «Турбоатом» - <http://www.turboatom.com/ua/press/news/1637.htm1/>

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ 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. Умови роботи турбоустановок АЕС	
1	Лекція 1. Предмет та зміст курсу. Режими роботи турбоустановок АЕС. Участь парових турбін АЕС у виконанні графіків електричних та теплових навантажень. Задачі обслуговуючого персоналу у забезпеченні та підвищенні надійності та економічності обладнання. Осн. літ-ра: 1 – с. 197 – 198, 240 – 247; 2 – с. 30 – 33; 9 – с. 9-17
Розділ 2. Робота турбінного цеху	
Тема 2.1. Організація роботи турбінного цеху	
2.	Лекція 2. Організація роботи турбінного цеху. Експлуатаційний персонал. Права, обов'язки, відповідальність. Протиаварійні тренування, організація робочих місць. Документація з експлуатації обладнання. Підготовка експлуатаційного персоналу. Осн. літ-ра: 3 – с. 4 – 13; 5 – с. 5 - 17
Розділ 3. Характеристики турбоустановки при зміні параметри пари	
Тема 3.1. Вплив зміни параметрів пари на характеристики турбоустановки	
3	Лекція 3. Класифікація режимів роботи турбінних установок. Робота турбіни при змінній витраті пари, при відхиленні параметрів свіжої пари від номінальних, при зміні тиску у конденсаторі. Осн. літ-ра: 2 – с. 14 – 17; 130 – 136; 3 – с. 204 – 216; 4 – с. 457 – 461; 471 – 478; 5 – с. 17 – 28; 9 – с. 175 – 181; 10 – с. 152 – 154.
4	Лекція 4. Вплив зміни режиму на ступінь реактивності та коефіцієнт корисної дії. Змінний режим роботи ступенів великої віялості. Осн. літ-ра: 5 – с. 71 – 96; 7 – с. 98 – 105; 9 – с. 181 – 185.
5	Лекція 5. Визначення параметрів пари при дросельному та сопловому паророзподілі. Робота турбіни з частковим відключенням обладнання теплової схеми. Осн. літ-ра: 3 – с. 216 – 218; 4 – с. 263 – 268; 463 – 468; 5 – с. 96 – 97; 5 – с. 96 – 97; 7 – с. 105 – 112; 9 – с. 196 – 198; 10 – с. 154 – 166.
6	Лекція 6. Регулювання потужності турбіни методом ковзних параметрів Осн. літ-ра: 9 – с. 198 – 200; 10 – с. 154 – 166.
Розділ 4. Механічні характеристики елементів турбоустановки	
Тема 4.1. Вібраційні характеристики турбоустановки	
7	Лекція 7. Вібраційна надійність турбоагрегату. Поняття про вібрацію. Вібрація турбоагрегату та її наслідки. Осн. літ-ра: 4 – с. 484 – 487; 5 – с. 112 – 124.
8	Лекція 8. Вібрація зворотної частоти. Низькочастотна вібрація. Високочастотна вібрація. Норми допустимої вібрації турбоагрегату. Осн. літ-ра: 4 – с. 487 – 511; 9 – с. 495 – 514.
Тема 4.2. Робота металу при змінних параметрах	
9	Лекція 9. Умови роботи та особливості виготовлення деталей турбін. Вимоги до якості основних деталей турбін.

	Осн. літ-ра: 1 – с. 144 – 155; 4 – с. 478 – 483.
10	Лекція 10. Довготривала роботоспроможність металів в умовах дії високої температури. Осн. літ-ра: 6 – с. 197 – 227.
	Розділ 5. Експлуатація турбоустановок АЕС при змінних режимах
	Тема 5.1. Режими пуску турбоагрегату.
11	Лекція 11. Режими пуску та остановки турбоагрегату. Загальні положення. Класифікація пусків та основні принципи їх визначення. Неполадки, дефекти, які перешкоджають пуску. Осн. літ-ра: 2 – с. 118 – 130; 3 – с. 159 – 162; 9 – с. 515 – 519; 541 – 545.
12	Лекція 12. Обладнання та технологічні особливості пускових схем. Пуск турбін з холодного, неохолодженого та гарячого стану. Осн. літ-ра: 1 – с. 247 – 253; 4 – с. 573 – 583; 601 – 603; 5 – с. 28 – 37.
13	Лекція 13. Пускові схеми турбоустановок К-500- 60/1500, К-220-44. Оцінка тривалості пуску за температурним станом деталей. Осн. літ-ра: 1 – с. 253 – 263; 3 – с. 163 – 192; 4 – с. 594 – 601; 9 – с. 520 - 534
14	Лекція 14. Особливості процесу теплообміну та тепловий стан елементів турбіни під час пусків та роботі на часткових навантаженнях. Включення генератора в електромережу, приймання та набір навантаження. Осн. літ-ра: 1 – с. 267 – 274; 2 – с. 79 – 98; 9 – с. 546 - 554
	Тема 5.2. Режими зупинки турбоагрегату
15	Лекція 15. Останов турбоагрегату. Відключення допоміжного обладнання. Осн. літ-ра: 3 – с. 192 – 204; 4 – с. 603 – 608; 5 – с. 61 – 70.
16	Лекція 16. Аварійний останов турбоагрегату. Догляд за турбіною, що зупинилась. Осн. літ-ра: 3 – с. 223 – 259; 4 – с. 609 – 613.
	Розділ 6. Роботи допоміжного обладнання
	Тема 6.1.Робота допоміжного обладнання при змінних режимах
17	Лекція 17. Експлуатація конденсаційних установок, повітрявідсмоктуючих пристроїв, системи підігріву питомої води низького та високого тиску. Осн. літ-ра: 2 – с. 51 – 67; 3 – с. 49 – 77; 4 – с. 566 – 573; 5 – с. 204 – 246; 6 – с. 162 – 172; 7 – с. 203 – 215.
18	Лекція 18. Експлуатація деаераторів, випарників, зворотніх клапанів відборів пари. Осн. літ-ра: 2 – с. 71 – 72; 3 – с. 77 – 100; 5 – с. 261 – 271; 6 – с. 176 – 177; 7 – с. 215 – 217.
19	Лекція 19. Експлуатація сепараторів, пароперегрівачів. Осн. літ-ра: 2 – с. 68 – 70; 3 – с. 108 – 129; 7 – с. 220 – 224.
20	Лекція 20. Організація дренажно-продувочних схем. Пускоскидні схеми. Осн. літ-ра: 2 – с. 74 – 79
	Тема 6.2. Основні елементи та експлуатація маслосистеми турбоустановки
21	Лекція 21. Система змащування турбоустановок, її конструктивні особливості та основи експлуатації. Осн. літ-ра: 3 – с. 13 – 19; 34 – 41; 4 – с. 559 – 560; 5 – с. 164 – 193; 6 – 137 – 148; 9 – с. 266 – 270.
22	Лекція 22. Система змащування та гідропіднімання роторів турбіни К-100 60/1500. Конструктивні особливості та експлуатації маслосистеми ущільнень вала генератора. Осн. літ-ра: 3 – с. 19 – 24; 6 – с. 128 – 129.
23	Лекція 23. Використання вогнетривких рідин в системі маслопостачання турбіни.

	Боротьба із обводненням та аерацією масла, зберігання масла. Осн. літ-ра: 5 – 193 – 20; 9 – с. 270 - 274.
	Розділ 7.Неполадки та аварії турбоустановок
	Тема 7.1.Причини та наслідки неполадок елементів турбоустановок
24	Лекція 24. Аналіз неполадок турбін та турбінних установок. Водяні удари, попадання у турбіну води та холодної пари. Осн. літ-ра: 1 – с. 139 – 141; 4 – с. 511 – 516.
25	Лекція 25. Аварії лопаток. Руйнування та пошкодження роторів та валів Осн. літ-ра: 4 – с. 506 – 530.
	Тема 7.2. Аварії корпусів, роторів, дисків, лопаток парових турбін
26	Лекція 26. Види вібрації дисків. Причини на наслідки руйнування дисків. Осн. літ-ра: 4 – с. 531 – 535.
27	Лекція 27. Прогини діафрагми, пошкодження корпусів турбіни та клапанів. Неполадки та аварії підшипників. Неполадки та аварії та органів паророзподілу. Осн. літ-ра: 4 – с. 535 – 540.

Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів)

Розділ 4. Механічні характеристики елементів турбоустановки

Тема 4.1. Вібраційні характеристики турбоустановки

Лабораторна робота № 1. Визначення вібраційних характеристик ротора турбоустановки

Тема 4.2. Робота металу при змінних параметрах

Лабораторна робота № 2. Визначення структури металу елементів парової турбіни

Розділ 5. Експлуатація турбоустановок АЕС при змінних режимах

Тема 5.1. Режими пуску турбоагрегату

Лабораторна робота № 3. Вибір режимів роботи блочної електростанції з однотиповим обладнанням для покриття змінного графіка електричного навантаження.

Розділ 6. Роботи допоміжного обладнання

Тема 6.1.Робота допоміжного обладнання при змінних режимах

Лабораторна робота № 4. Система оперативного пошуку та прийняття рішень у разі виникнення аварійних ситуацій на енергоблоках

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Розподілення потужності між агрегатами при зміні навантаження в системі [1 – с. 515 – 516; 2 – с. 455 – 458; 7 – с. 151 – 154].	2
2.	Вплив змінної витрати пари на основні характеристики відсіку турбіни [1 – с. 175 – 196; 2 – с. 459 – 467; 3 – с. 147 – 168; 4 – с. 71 – 90; 6 – 121 – 144; 239 – 253].	2
3.	Вплив параметрів свіжої пари на розробку подвійного перегріву пари. [1 – с. 196 – 206; 2 – с. 468 – 482; 3 – с. 168 – 174; 6 – с. 151 – 204; 7 – с. 40 – 44].	2
4.	Вплив температури пари на характеристики міцності металів. Використання легуючих елементів [3 – с. 280 – 284; 10 – с. 29 – 42; 214 – 242; 5 – с. 197 – 200; 11 – с. 215 – 218].	2

5.	Вплив терміну експлуатації установки на фізико-хімічні властивості металів [10 – с. 43 – 45; 3 – с. 303 – 304; 5 – с. 200 – 226; 6 – с. 215 – 238].	2
6.	Причини виникнення низькочастотної, високочастотної вібрації та вібрації обертової частоти в турбоагрегаті [1 – с. 439 – 440; 473 – 508; 2 – с. 484 – 509; 4 – с. 112 – 124; 11 – с. 219 – 222].	2
7.	Засоби зміни власної частоти коливань лопаткового апарата [1 – с. 452 – 472; 2 – с. 531 – 534; 514 – 526].	2
8.	Використання подвійного корпусу в турбінах високих параметрів пари. [1 – с. 509 – 514; 2 – с. 535 – 539; 3 – с. 326 – 329]	2
9.	Вплив параметрів пари на склад відкладень в проточній частині парової турбіни [1 – с. 516 – 519; 2 - с. 552 – 572; 3 – с. 339 – 340; 4 – 70 – 106; 124 – 134; 5 – с. 125 – 137; 6 – с. 308 – 324; 9 – с. 204 – 220].	2
10	Особливості операцій персоналу під час пуску з холодного стану. Осн. літ-ра: [1 – с. 520 – 540; 2 – с. 573 – 582; 3 – с. 333 – 336; 4 – с. 28 – 37; 48 – 53; 5 с. 8 – 31; 7 – с. 326 – 383; 9 – с. 159 – 185].	2
11	Особливості аналізу кривої вибігу ротора під час зупинки турбоагрегата [1 – с. 546 – 554; 2 – с. 601 – 616; 3 – с. 337 – 338; 4 – с. 61 – 70; 9 – с. 192 – 204; 223 – 229].	2
12	Фактори, що впливають на якість деаерації пари в деаераторі. [1 – с. 541 – 545; 2 - с. 583 – 600; 3 – с. 339 – 340; 4 – с. 261 – 271; 271 – 282; 5 – с. 162 – 185; 7 – с. 86 – 98; 134 – 142; 163 – 164; 9 – с. 77 – 100; 122 – 129].	2
13	Характеристики повітряної та гідравлічної щільності конденсатора. [2 – с. 190 – 241; 4 – с. 204 – 242; 7 – с. 146 – 151; 9 – с. 49- 76].	2
14	Засоби зменшення вологості пари в проточній частині парової турбіни. [1 – с.218 – 241; 2 – с. 190 – 240; 3 - с. 185 – 195; 6 – с. 201 - 215].	2
15	Основи експлуатації елементів масляної системи турбоагрегату – маслобак, насоси, ежектор тощо [1 – с. 266 – 274; 2 – с. 145 – 189; 3 – с. 210 – 213; 4 – с. 164 – 202; 5 – с. 137 – 162; 9 – с. 13 – 48].	2
16	Фактори, що впливають на швидкість зміни параметрів пари в турбоагрегаті [2 – с. 618 – 630; 3 – с. 341 - 345].	3

8. Індивідуальні завдання²

Основні цілі індивідуального завдання: Домашня контрольна робота

Основною метою ДКР (10 год.) є набуття студентами навичок практичного досвіду в розрахунку елементів парової турбіни і паротурбінної установки в цілому системи паророзподілу та проточної частини турбіни при зміні режимних параметрів

9. Контрольні роботи³

Основні цілі контрольних робіт: 1. Визначення коефіцієнту корисної дії циклу установки на зазначені параметри пари – 1 год. . 2. Розрахунки відносно внутрішнього коефіцієнта корисної дії ступеню парової турбіни, розрахунки трикутниківі, втрат на тертя та вентиляцію – 1 год.

² За наявності

³ За наявності

Основне місце контрольних робіт: - Аудиторне приміщення
Методика проведення контрольних робіт: За рахунок економії часу

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги викладача до студентів:

- Відвідувати лекційні і практичні заняття;
- Виконувати завдання, поставлені на практичних роботах, і вчасно їх здавати;
- Максимальна кількість балів при невчасному складанні модульних контрольних зменшується вдвічі;
- Максимальна кількість балів при невчасній здачі результатів розрахунків за практичними роботами зменшується вдвічі.

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

Рейтинг студента з навчальної дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) модульну контрольну роботу;
- 2) виконання та захист 8 завдань на практичних заняттях;
- 3) екзаменаційне завдання.

Система рейтингових балів

Система оцінки успішності за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочою навчальною програмою:

	кількість	бали		сума балів
Практичні заняття	8	відповіді на занятті	10	80
МКР	1		20	20
Сума вагових балів контрольних заходів				100

Шкала балів за відповідні рівні оцінювання з кожного виду контролю.

1. МКР:

Модульна контрольна робота. (20 балів)

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 14-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 7-13 балів;

2. Практичне заняття (з розрахунку 4х питань всього 10 балів):

- «відмінно», творче розкриття питань, вільне володіння матеріалом – 9-10 балів;
- «добре», глибоке розкриття питань – 7-8 балів;
- «задовільно», не достатньо повне розкриття питань, достатня робота на практичному занятті – 6 балів.

Заохочувальні і штрафні бали:

	бали
1. Несвоєчасне виконання завдання СРС	-1...-5
2. Ведення конспекту лекцій	1...5
Сума заохочувальних і штрафних балів R_s	10

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 26 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний

рейтинг не менше 12 балів. За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 31 бал. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 15.

Максимальна сума балів стартової складової складає 60. Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, захист практичних занять та стартовий рейтинг не менше 30 балів. Якщо студенти набрали протягом семестру кількість балів більше 60 балів, вони мають можливість отримати іспит „автомат” відповідно до набраного рейтингу. Якщо студенти набрали протягом семестру кількість балів менш ніж 60 балів, студенти виконують екзаменаційну контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання (10 балів) і одну задачу. (20 балів).

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 (9-10) балів;
- достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 14-17 (7-8) балів;
- неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 13 (6) балів;
- незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 12 (5) балів.

Сума стартових балів і балів за залікову роботу переводиться до оцінки згідно з таблицею

$R_D = R_C + R_E$	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
$95 \leq R_D \leq 100$	A - відмінно	відмінно
$85 \leq R_D \leq 94$	B – дуже добре	добре
$75 \leq R_D \leq 84$	C - добре	
$65 \leq R_D \leq 74$	D - задовільно	задовільно
$60 \leq R_D \leq 64$	E - достатньо	
$R_D \leq 59$	F _X - незадовільно	незадовільно
Не зараховано завдання на СРС, або є не зараховані лабораторні роботи, або $R_C \leq 30$	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Можливе зарахування сертифікатів за окремими темами при виступі на науково-технічній конференції кафедри чи факультету, написання реферату або участь у науковій роботі кафедри.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц. Бутовським Л.С.

Ухвалено кафедрою ТЕУТ та АЕС (протокол № 19 від 18.06.2021)

Погоджено Методичною радою факультету (протокол № 11__ від 24.06.2021 р.)