

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Навчальна програма
вибіркової дисципліни
«Проблеми теплообміну в ПТУ та ГТУ»

для підготовки спеціалістів

Напрямок підготовки: 6.050601 «Теплоенергетика»

Спеціальність: 7.05060102 «Теплофізика»

«РОЗГЛЯНУТО»

на засіданні кафедри

турбінобудування

Протокол № _____

від «___» _____ 2011р

Завідуючий кафедрою

турбінобудування

проф. Бойко А.В.

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

вченою радою енергомашинобу-

дівного факультету

Протокол № _____

від «___» _____ 2011 р.

Декан енергомашинобудівного

факультету

Проф. Тарасенко М.О.

Харків 2011

Структура навчальної програми вибіркової дисципліни

“Проблеми теплообміну в ПТУ та ГТУ”

1. Передмова

1.1. Предмет навчальної дисципліни, її наукові і методичні основи, мета викладання і завдання дисципліни.

Предметом навчальної дисципліни “Проблеми теплообміну в ПТУ та ГТУ” є теплофізичні процеси, що протікають у деталях турбомашин у різних режимах експлуатації. З ростом одиничної потужності сучасних енергоблоків і газотурбінних установок проблеми теплообміну стають усе більш актуальними. Підвищення початкових параметрів вимагає застосування нових матеріалів, або використання сучасних систем охолодження лопаток ГТУ. Наявність достовірної інформації про температурні нерівномірності і термічні напруги, що виникають в елементах конструкцій у перехідних режимах експлуатації, дозволяють підвищити надійність та економічність як працюючого устаткування, так і нових турбін і систем охолодження. Знання температурного поля турбіни має важливе значення, як для створення раціональної конструкції, так і для обґрунтованого вибору режимів пуску, навантаження та припинення роботи турбіни. Без виразного представлення про температурні умови роботи турбіни неможливо забезпечити надійну її експлуатацію. Вивчення закономірностей теплообміну на поверхнях окремих деталей і вузлів турбін та оцінка їхнього впливу на працездатність та економічність турбоустановки є основною метою курсу.

1.2. Що студент повинен знати, вміти і з чим бути ознайомленим у результаті вивчення дисципліни.

Студент повинен бути ознайомленим з суттю теплофізичних процесів, що відбуваються у паротурбінних та газотурбінних установках у перехідних та стаціонарних режимах роботи. Студент повинен знати основні причини виникнення основних температурних градієнтів в окремих деталях турбіни і конструктивні рішення, що дозволяють уникати неприпустимих термічних напруг та деформацій. Студент повинен бути знайом з основними методами визначення інтенсивності теплообміну в навантажених елементах турбін і вміти використовувати отримані знання в рішенні конкретних практичних задач.

1.3. Організаційно-методичні вказівки щодо організації і методики проведення усіх видів навчальних занять, організації і виконання індивідуальних завдань.

На лекції студенти вивчають теплофізичні властивості і міцнісні характеристики, які проявляються під впливом високих температур, металів, що застосовуються у турбінобудуванні, ознайомляться з процесами теплообміну, що протікають у деталях турбін при різних режимах експлуатації, з

температурними полями і розподілом термічних напруг у конструктивних елементах турбін. На самостійну роботу під керівництвом викладача виносяться питання для заглибленого вивчення закономірностей теплофізичних процесів, експериментальних та теоретичних методів визначення коефіцієнтів тепловіддачі, розрахунку температурних полів та термічних напруг.

1.4. Система контролю якості навчання студентів.

Контроль засвоєння матеріалу курсу періодично здійснюється у формі опитування під час читання лекцій, проведення лабораторних робіт та практичних занять, виконання курсової роботи. Курс передбачає проведення двох модульних контрольних робіт та екзамен після вивчення дисципліни.

1.5. Організація самостійної роботи студентів.

Для найбільш заглибленого вивчення основних розділів курсу окремі теми та питання виносяться на самостійне вивчення. Форми звітності – модульний контроль і екзамен.

1.6. Загальний обсяг годин на вивчення дисципліни і їхній розподіл на аудиторні заняття і самостійну роботу студентів.

Загальний обсяг годин на вивчення дисципліни – 162 годин, з яких 64 – аудиторні заняття (32 – лекції, 16 – лабораторні роботи, 16 – практичні заняття), 98 годин – самостійна робота студентів.

2. Зміст дисципліни.

2.1. **Модуль 1.** Розрахунок температурних полів основних елементів ПТУ та ГТУ (2 кредиту)

Тема 1. *Теплофізичні процеси в паротурбінних і газотурбінних установках.* Їхній вплив на надійність роботи обладнання. Актуальність вивчення.

Тема 2. *Маневреність парових турбін.* Конструктивні особливості основних вузлів парових турбін, що надають вплив на тепловий стан турбіни. Показники маневреності і надійності. Критерії оцінки теплового стану парових турбін. Режими пуску і зупинки турбоагрегату, особливості теплового стану при наборі і скиданні навантаження.

Тема 3. *Оцінка міцності роторів і корпусів при температурних впливах.* Властивості матеріалів, які використовуються у турбінобудуванні, що проявляються під дією температурних напруг: малоциклова термічна втома, повзучість, в'язкість. Оцінка припустимого числа режимів з урахуванням малоциклової втоми матеріалу.

Тема 4. *Зміна аксіальних зазорів у проточній частині турбіни.* Абсолютне й відносне подовження ротора й статора. Фактори, що визначають вибір осьових зазорів.

Тема 5. *Зміна радіальних зазорів у проточній частині турбіни.* Фактори, що впливають на величину радіальних зазорів. Вплив теплового прогину корпусу. Тепловий прогин ротора. Вплив обігріву фланців на термонапружений стан корпусу.

Тема 6. *Задача теплопровідності.* Умови однозначності, особливості їхнього завдання. Вплив точності завдання умов однозначності на точність розрахунку температурних полів. Методи рішення задачі теплопровідності. Аналітичні методи й приклади їхнього застосування для визначення температурного стану деталей парових турбін. Аналогові методи. Чисельні методи.

Тема 7. *Розрахунок граничних умов на характерних поверхнях роторів і корпусів.* Основні критеріальні рівняння й теорія подоби. Можливості використання фізичного моделювання для дослідження теплового стану деталей парових турбін. Конвективний теплообмін на характерних поверхнях роторів і корпусів: ділянки кінцевих і діафрагмених ущільнень, циліндричні гладкі ділянки ротора й протилежні ділянки статора, бічні поверхні дисків, ділянки між двома нерухливими циліндрами, ділянки зовнішнього корпусу, що утворюють камери відбору, ділянки міжлопаточного каналу робочих і напрямних лопаток, ділянки, зайняті опорними й упорними підшипниками.

Тема 8. *Приведений коефіцієнт тепловіддачі від лопатки до диска, від диска до вала.* Визначення температурного поля й деформацій у деталях парових турбін. Визначення температурного поля ротора, стінки корпусу, фланця, тонкого диска.

2.2. **Модуль 2.** Теплообмін у деталях газових турбін (2 кредиту)

Тема 9. *Теплообмін у лопатках газових турбін.* Розвиток прикордонного шару на профілях турбінних лопаток. Місцевий теплообмін на профілях турбінних лопаток і торцевих поверхонь міжпрофільних каналів.

Тема 10. *Неохолоджувана лопатка в потоці перемінної температури.* Розподіл температури й теплообмін у лопатці з повітряним охолодженням.

Тема 11. *Теплообмін у каналах систем охолодження.* Теплообмін у круглих, плоских і кільцевих каналах. Теплообмін при струминному обдуві охолоджуваних поверхонь.

Тема 12. *Гідравлічний розрахунок систем повітряного охолодження газових турбін.* Основні етапи, загальні положення й методи гідравлічного розрахунку систем охолодження. Застосування теорії графів для гідравлічного розрахунку систем охолодження.

Тема 13. *Спільний розрахунок гідродинамічних характеристик систем охолодження, температурних полів і теплових розширень охолоджуваних деталей.* Застосування методу кінцевих елементів для розрахунку температурних полів.

Тема 14. *Теплообмін у дисках.* Тепловіддача диска, що обертається у великому об'ємі. Тепловіддача диска, що обертається в корпусі при радіальній течії. Теплообмін при осі - радіальному обтіканні диска. Розподіл температури в конічному диску.

Тема 15. *Температурні перехідні режими і їхні наслідки.* Визначення температурних напруг у деталях турбіни при перехідних режимах.

Тема 16. *Аналіз температурних полів, напруг і подовжень основних елементів ЦВТ і ЦСТ.*

2.3. Розподіл навчального часу по розділах, темах і видах навчальних занять.

Розділи, теми	Види занять					Екза- мен
	Всього	Лекції	Практ	Лабор.	Контр.	
Модуль 1. Розрахунок температурних полів основних елементів ПТУ та ГТУ.	32	16	8	6	2	
Тема 1. Теплофізичні процеси в паротурбінних і газотурбінних установках.	2	2				
Тема 2. Маневреність парових турбін	2	2				
Тема 3. Оцінка міцності роторів та корпусів при температурних впливах	2	2				
Тема 4. Зміна аксіальних зазорів у проточній частині турбіни	2	2				
Тема 5. Зміна радіальних зазорів у проточній частині турбіни.	2	2				
Тема 6. Задача теплопровідності.	2	2				
Тема 7. Розрахунок граничних умов на характерних поверхнях роторів і корпусів.	14	2	6	6		
Тема 8. Приведений коефіцієнт тепловіддачі від лопатки до диска, від диска до вала.	4	2	2			
Модуль 2. Теплообмін у деталях газових турбін	32	16	6	8	2	
Тема 9. Теплообмін у лопатках газових турбін.	10	2	4	4		
Тема 10. Неохолоджувана лопатка в потоці перемінної температури.	2	2				
Тема 11. Теплообмін у каналах систем охолодження.	8	2	2	4		
Тема 12. Гідравлічний розрахунок систем повітряного охолодження газових турбін.	2	2				
Тема 13. Спільний розрахунок гідродинамічних характеристик систем охолодження, температурних полів і теплових розширень охолоджуваних деталей.	2	2				
Тема 14. Теплообмін у дисках.	2	2				
Тема 15. Температурні перехідні режими і їхні наслідки.	2	2				
Тема 16. Аналіз температурних полів, напруг і подовжень основних елементів ЦВТ і ЦСТ.	2	2				
Усього за 5 курс, 9 семестр	64	32	14	14	4	Є
Усього за дисципліну	64	32	14	14	4	є

3 Перелік рекомендованих лабораторних та контрольних робіт

№	Назва лабораторних робіт	Кількість годин
1	Дослідження течії та теплообміну в ущільненнях турбін	4
2	Дослідження залежності теплового стану лопатки від температури робочого тіла.	6
3	Дослідження теплообміну в каналах систем охолодження лопаток газових турбін.	4
	Назва контрольних робіт	
1	Модульна контрольна № 1	2
2	Модульна контрольна № 2	2

4. Інформаційно-методичне забезпечення

4.1. Самойлович Г.С., Трояновский Б.М. Переменные и переходные режимы в паровых турбинах. – М.: Энергоиздат, 1982.

4.2. Капинос В.М., Гаркуша А.В. Переменный режим работы паровых турбин. Харьков, «Вища школа», Изд-во при ХГУ, 1989.

4.3. Зысина-Моложен Л.М., Зысин Л.В., Поляк М.П. Теплообмен в турбомашинах. Л.: Машиностроение, 1974.

4.4. Шнеэ Я.И., Капинос В.М., Котляр И.В. Газовые турбины. Ч. 1. Термодинамические процессы и теплообмен в конструкциях. Киев, «Вища школа», 1976.

4.5. Селезнев К.П., Сафонов К.П. Тепловое состояние и напряжения в основных элементах паровых и газовых турбин. Учебное пособие. Л.: Изд-во при ЛПИ, 1979.

4.6. Сафонов Л.П., Селезнев К.П., Коваленко А.Н. Тепловое состояние высокоманевренных паровых турбин. Л.: Машиностроение, 1983.

4.7. Конспект лекцій по курсу «Проблеми теплообміну в ПТУ та ГТУ» у електронному вигляді.

5. Структурно-логічна схема вивчення дисципліни.

5.1. Забезпечиваючі дисципліни

Відповідно до навчального плану спеціальності 6.050601-03 «Теплофізика» базовими для вивчення даної дисципліни є наступні дисципліни: 2.1.3.4. «Теплові розрахунки в турбомашинах», 2.1.3.8. «Змінні та перехідні режими в парових турбінах» і 1.3.7 «Тепломасообмін».

5.2. Галузь використання вивчаємої дисципліни.

Дослідження та визначення теплового та термонапруженого стану деталей парових та газових турбін, його впливу на економічність та маневреність турбоагрегату.

5.3. Види навчальних занять – лекції, лабораторні роботи, практичні заняття.

Програму підготувала:

Ст..викл. кафедри турбінобудування

Іванченко О.М.