



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Цифрові технології оптимального проектування турбомашин (TOP, AxStream)

Шифр та назва спеціальності
142 – Енергетичне машинобудування

Інститут
ННІ Енергетики, електроніки та
електромеханіки

Освітня програма
Енергетика

Кафедра
Турбінобудування (122)

Рівень освіти
Магістр

Тип дисципліни
Профільна, вибіркова

Семестр
1

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Усатий Олександр Павлович

oleksandr.usatyi@khp.edu.ua

Доктор технічних наук, старший науковий співробітник за спеціальністю 05.05.16 – турбомашини та турбоустановки, завідувач кафедри турбінобудування.

Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2019 рік) – за створення роторів парових турбін великої потужності. Автор 3-х монографій, автор та співавтор понад 100 наукових та методичних публікацій.

Провідний лектор з дисциплін: «Теорія та цифрові моделі парових турбін», «Теплові розрахунки в турбомашинах», «Змінні режими роботи парових турбін», «Основи теорії оптимального проектування турбін», «Цифрові технології оптимального проектування турбомашин (TOP, AxSTREAM)», «Оптимальне проектування в турбінобудуванні»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

В рамках курсу розглядаються основні можливості цифрових технологій реалізованих в сучасних програмних комплексах оптимального проектування турбомашин (TurboOptProject (TOP) та AxSTREAM) та сучасні підходи до попереднього і оптимального проектування окремих ступенів та багатоступеневих осьових турбін. Засвоюються практичні навички створення цифрових проектів окремих ступенів різного типу (ступенів тиску активних і реактивних, ступенів швидкості) та багатоступеневих турбін, вивчаються математичні моделі різної складності термо та газодинамічних процесів в проточних частинах осьових турбін.

Мета та цілі дисципліни

Виробити у студента теоретичні уявлення та практичні навички з використання цифрових технологій проектування оптимальних турбомашин на прикладі сучасних системи створення

цифрових моделей концептуальних проектів оптимальних проточних частин (ПЧ) турбомашин TurboOptProject (TOP) та AxSTREAM: формування постановок та розв'язання задач попереднього проектування турбомашин, оптимального проектування ПЧ, створення цифрових моделей високоефективних турбінних профілів та 3D моделей лопаток і лопаткових решіток, окремих ступенів турбіни та багатоступеневих проточних частин осьових турбін. Досягнення означеної мети ґрунтується на принципах наступності й індивідуалізації навчання, фундаментальності й цілісності надання знань, практичної спрямованості й усвідомлення місця отриманих компетентностей, симбіозу наукового та системного підходів, тощо.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, курсова робота, консультації. Підсумковий контроль - іспит

Компетентності

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності.

СК 02. Здатність критично осмислювати проблем і перспектив розвитку у сфері енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних проблем

СК 03. Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем, пов'язаних з проектуванням та експлуатацією енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

СК 04. Здатність аналізувати, оцінювати та застосовувати науково-технічну інформацію в галузі енергетичного машинобудування.

СК 05. Здатність розробляти та впроваджувати інноваційні проекти і програми, забезпечувати конкурентоздатність продукції, здійснювати техніко-економічне обґрунтування проектів у галузі енергетичного машинобудування.

СК 09. Здатність застосовувати математичні моделі, розрахункові методи, методології та спеціалізоване програмне забезпечення, для розв'язання інженерних задач в галузі енергетичного машинобудування.

СК 10 Здатність опановувати та використовувати знання сучасних технологій, методів при дослідженні, проектуванні, модернізації та експлуатації енергетичного обладнання та аналізувати отримані результати

Результати навчання

РН 1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у галузі енергетичного машинобудування для розв'язування складних задач професійної діяльності.

РН 2. Здійснювати пошук необхідної інформації у науковотехнічній і патентній літературі, базах даних, інших джерелах з технологій і процесів у галузі енергетичного машинобудування, на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію.

РН 3. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі задачі під час проектування, виготовлення і експлуатації енергетичного обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проектах.

РН 4. Розробляти і реалізовувати проекти у галузі енергетичного машинобудування та пов'язані з нею міждисциплінарні проекти з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.

РН 5. Створювати новітні технології та процеси і обґрунтовувати вибір обладнання та інструментів, з урахуванням обмежень в енергетичному машинобудуванні на основі сучасних знань в енергетичній та суміжних галузях.

РН 7. Приймати ефективні рішення з інженерних та управлінських питань у галузі енергетичного машинобудування в складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням сучасних методів та засобів оптимізації, прогнозування та прийняття рішень.

РН 8. Розробляти, обирати та застосовувати ефективні розрахункові методи розв'язання складних задач енергетичного машинобудування.

РН 9. Формулювати та вирішувати інноваційні задачі галузі енергетичного машинобудування з урахуванням вимог до результатів, технічних стандартів, а також нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, інтелектуальна власність, навколишнє середовище, економіка і виробництво) аспектів.

- PH 10. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів досліджень та інновацій.
- PH 11. Презентувати результати досліджень та інновацій, зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію до фахівців і нефахівців.
- PH 12. Здійснювати ефективний захист інтелектуальної власності у галузі енергетичного машинобудування.
- PH 13. Управляти складними робочими процесами у галузі енергетичного машинобудування, у тому числі такими, що є непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.
- PH 14. Обирати і застосовувати сучасні технології, спеціалізовані пакети програм, інструменти і методи дослідження, формулювати і перевіряти гіпотези, аргументувати висновки, за результатами досліджень надавати практичні рекомендації.
- PH 15. Використовувати та аналізувати методи оптимізації для розв'язання складних інженерних задач в галузі енергетичного машинобудування.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 32 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на наступні курси: «Комп'ютерні технології в проектуванні», «Теорія та цифрові моделі парових турбін», «Конструкції парових та газових турбін», «Комп'ютерне моделювання теплових схем турбоустановок (AxCYCLED)», «Технологія турбінобудування».

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Методи вивчення матеріалу базуються на взаємодії між викладачем та студентами з навчальної дисципліни «Цифрові технології оптимального проектування турбомашин (TOP, AxSTREAM)» в процесі лекційних і практичних занять, при виконанні курсової роботи, та самостійної роботи студентів під керівництвом викладача з широким використанням комп'ютерної техніки та спеціального ліцензованого програмного забезпечення, яке реалізує сучасну цифрову технологію проектування осьових турбомашин.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Основні інструменти сучасних цифрових технологій проектування турбомашин

Призначення та основні інструменти цифрових технологій створення концептуального проекту турбомашини, які реалізовані в програмному комплексі AxSTREAM.

Призначення та основні інструменти цифрових технологій оптимального проектування турбомашини, які реалізовані в програмному комплексі TOP (TurboOptProject).

Тема 2. Попереднє проектування проточних частин турбін

Цифрова технологія попереднього проектування проточної частини осьової турбомашини програмного комплексу AxSTREAM.

Тема 3. Генератори рішень цифрових технологій

Генератор рішень цифрової технології програмного комплексу AxSTREAM.

Генератор рішень цифрової технології програмного комплексу TOP (TurboOptProject).

Тема 4. Використання оберненої задачі

Обернена задача цифрової технології проектування турбомашин програмного комплексу AxSTREAM та її використання.

Тема 5. Графічні редактори цифрових технологій проектування турбомашин

Графічні редактори цифрової технології програмного комплексу AxSTREAM.

Графічні редактори цифрової технології програмного комплексу TOP (TurboOptProject).

Тема 6. Використання методів оптимізації в цифрових технологіях

Формування постановок задач оптимального проектування в цифровій технології програмного комплексу AxSTREAM.

Формування постановок задач оптимального проектування в цифровій технології програмного комплексу TOP (TurboOptProject).

Тема 7. Створення концептуальних проєктів в цифрових технологіях

Особливості задач попереднього проектування для створення концептуальних проєктів турбіни в програмному комплексі. AxSTREAM.

Тема 8. Розширена процедура створення концептуальних проєктів в цифрових технологіях

Розширена процедура задач попереднього проектування багатоступеневої турбіни з декількома відсіками (модулями) в AxSTREAM

Розширена процедура задач попереднього проектування багатоступеневої турбіни з декількома відсіками (модулями) в TOP (TurboOptProject).

Теми практичних занять

Тема 1. Ознайомлення з програмними комплексами AxSTREAM та TOP (TurboOptProject).

Тема 2. Налаштування прямої задачі.

Тема 3. Створення нового проєкту парової турбіни в режимі проектування.

Тема 4. Налаштування прямої задачі.

Тема 5. Попереднє проектування парової турбіни високого тиску.

Тема 6. Налаштування параметрів проектування.

Тема 7. Формування та введення даних для генератора рішень.

Тема 8. Установка параметрів модуля проектування (налаштування параметрів конструкції проточної частини турбіни).

Тема 9. Налаштування програмного комплексу AxSTREAM для розв'язання задач проектування турбомашин з використанням оберненої задачі.

Тема 10. Можливості інтерактивного вікна оберненої задачі.

Тема 11. Інтерактивне редагування меридіональних обводів цифрової моделі проточної частини осьової турбіни.

Тема 12. Інтерактивне графічне редагування термогазодинамічних параметрів в h-s діаграмі.

Тема 13. Аналіз можливостей та результатів графічного редагування геометрії та термо та газодинамічних параметрів в h-s діаграмі.

Тема 14. Налаштування та постановки задач S1 оптимізації проточних частин турбомашин.

Тема 15. Вибір параметрів оптимізації та мультидисциплінарні обмеження в задачах S1 оптимізації проточних частин турбомашин.

Тема 16. Проведення тестових розрахунків з S1 оптимізації параметрів проточної частини турбіни та аналіз отриманих результатів.

Тема 17. Попереднє проектування і вибір рішення для формування цифрової моделі газової турбіни.

Тема 18. Вплив граничних умов та обмежень для генератора рішень на результати попереднього проектування газових турбін.

Тема 19. Вплив критеріїв якості на вибір концептуального рішення для конструкції газової турбіни.

Тема 20. Налаштування опцій простору рішень для багатомодульної турбіни.

Тема 21. Додавання елементів в конструкцію: канали (патрубки), клапани відбору, теплообмінник.

Тема 22. Особливості імітації відборів робочого тіла з турбіни.

Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбаченні

Самостійна робота

1. Опрацювання лекційного матеріалу

2. Підготовка до практичних занять

3. Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях:

3.1. Формування структури даних проєкту з використанням цифрової технології програмного комплексу AxSTREAM та TOP.

- 3.2. Двовимірний вирішувач (Двовимірна математична модель процесів в проточній частині осьової турбіни) цифрової технології програмного комплексу AxSTREAM та TOP.
- 3.3. Можливості порівняння експериментальних даних з результатами розрахунків 1D і 2D моделювання з використанням цифрової технології програмного комплексу AxSTREAM та TOP.
- 3.4. Задачі оптимізації турбіни в модулі AxPLAN цифрової технології програмного комплексу AxSTREAM та TOP.
4. Виконання індивідуального завдання (Курсова робота):
"Аналіз ефективності ступенів турбіни з використанням програмного комплексу TOP (TurboOptProject)".
5. Інші види самостійної роботи

Література та навчальні матеріали

1. Оптимальне проектування турбомашин (основи теорії, розрахунок, експеримент) : підручник для студ. в.н.з., які навч. за напрямом підготовки «Енергомашинобудування» та «Теплоенергетика» / А.В. Бойко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – 384 с. ISBN 978-966-593-917-7
2. Багатокритеріальна багатопараметрична оптимізація проточної частини осьових турбін з урахуванням режимів експлуатації: монографія / А.В. Бойко, О.П. Усатий, О.С. Руденко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – 220 с.
3. Аеродинамічний розрахунок та оптимальне проектування проточної частини турбомашин: монографія / А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, С.В. Єршов, А.В. Русанов, С.Д. Северин. – Харків; НТУ «ХПІ»; 2002, 356с.
4. AxSTREAM керівництво АТ1 "ПРОЄКТУВАННЯ ОСЬОВОЇ ТУРБІНИ"
5. AxSTREAM керівництво АТ2 "РОЗРАХУНОК І ОПТИМІЗАЦІЯ ОСЬОВОЇ ТУРБІНИ"
6. Д. Хіммельбау «Прикладне нелінійне програмування; - Вид-во «Світ»;1975, 543с.
7. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Цифрові технології оптимального проектування турбомашин (TOP, AxSTREAM)» для студентів денної форми навчання спеціальності 142-«Енергетичне машинобудування». Використання базових можливостей цифрових технологій AxSTREAM . / Склали: Усатий О.П., Жирков О.Г. – Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – 60 с.
8. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Цифрові технології оптимального проектування турбомашин» для студентів спеціальностей 142 - «Енергетичне машинобудування». Профілювання та 3D проектування лопаток. / уклад.: Усатий О.П. - Харків: НТУ «ХПІ», 2021. - 48 с.
9. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсу «Цифрові технології оптимального проектування турбомашин (TOP, AxStream)» для студентів спеціальностей 142-«Енергетичне машинобудування». Створення проекту та формування цифрової моделі проточної частини відомої турбіни. / Склали.: Усатий О.П., Жирков О.Г. - Харків: НТУ «ХПІ», 2021. - 37 с.
10. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни «Цифрові технології оптимального проектування турбомашин» для студентів спеціальностей 142 - «Енергетичне машинобудування». Оптимізація проточної частини турбіни з використанням цифрових технологій AxSTREAM. / уклад.: Усатий О.П. - Харків: НТУ «ХПІ», 2021. - 17 с.
11. Методичні вказівки до виконання практичного завдання «Оптимальне проектування ступеня за допомогою програми AxStream» з курсу «Основи теорії оптимального проектування турбомашин» для студ. спец. 142 «Енергетичне машинобудування», у тому числі для іноземних студентів. / Склали: Бойко А.В., Усатий О.П., Авдєєва О.П., Бараннік В.С. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – 22 с.
12. Курс лекцій з дисципліни «Цифрові технології оптимального проектування турбомашин (TOP, AxSTREAM)» для студентів спеціальностей 142-«Енергетичне машинобудування», / Склад: Усатий О.П.

Інтернет-ресурси:

1. <http://library.kpi.kharkov.ua/>

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Розподіл балів для оцінювання успішності студента у %:

Контрольні роботи	50%
Курсова робота	30%
Відвідування занять	20%
Загалом	100%

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження


Силабус погоджено

28.08.2023



Завідувач кафедри
Олександр УСАТИЙ

28.08.2023



Гарант ОП
Олена АВДЕЄВА