

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Навчальна програма вибіркової дисципліни

**ОСНОВИ ДВОХ І ТРИВИМІРНОЇ ТЕОРІЇ ОПТИМАЛЬНОГО
ПРОЕКТУВАННЯ ТУРБОМАШИН**

для підготовки магістрів за спеціальністю

8.05060402 «Турбіни»

РОЗГЛЯНУТО:

На засіданні кафедри
турбіно будування
протокол №
від _____ 2012р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Вченою Радою
енергомашинобудівного факультету
протокол №
від _____ 2012р.

Завідувач кафедри
проф. Бойко А.В.

Декан факультету
проф. Тарасенко М.О.

Харків 2012р.

Структура навчальної вибіркової дисципліни
«Основи двох і тривимірної теорії оптимального проектування
турбомашин»

1. Передмова

1.1. Предмет навчальної дисципліни – закономірності оптимального проектування складних технічних систем на прикладі проточної частини осьових турбін. Ця дисципліна створює фундамент наукових знань, на якому базуються розрахунки та проектування оптимальних конструкцій турбоагрегатів.

Мета курсу – вивчення основ теорії оптимального проектування осьових турбін, без чого неможливо в сучасний період створювати конкурентно-спроможні на світовому ринку турбіни великої потужності.

Курс присвячений оптимізації параметрів осьового турбінного ступеню уздовж радіуса з урахуванням просторової течії робочого тіла, впливу протікання на оптимальні закони закручення вінців осьових турбінних ступенів, оптимізації осьового турбінного ступеня з урахуванням протікання, проектуванню аеродинамічно досконалих профілів лопаток турбомашин.

1.2. Студент повинен **знати** методи розрахунку течії робочого тіла в проточній частини парової та газової турбіни в двох вимірній постановці, постановку та реалізацію задач оптимального проектування турбінних ступенів з урахуванням просторової течії робочого тіла, вплив окремих втрат та протікання на кінцевий результат оптимального проектування, методи проектування аеродинамічно досконалих профілів лопаток турбомашин.

Студент повинен **вміти** застосовувати отриманні знання при вирішенні конкретних проблем, пов'язаних з отриманням оптимальної конструкції, а саме, розраховувати оптимальні параметри ступені уздовж радіусу з урахуванням просторової течії робочого тіла, вміти використовувати сучасні CFD методи просторового розрахунку турбінних ступенів, аналізувати результати розрахунків та формулювати висновки щодо рекомендацій

проектування оптимальних турбінних ступенів. Студент також повинен вміти проектувати аеродинамічно досконалі профілі лопаток турбомашин.

1.3. Основними видами навчальних занять є лекції, лекції з залученням практичного завдання та самостійна робота студентів. На лекціях з залученням практичного завдання закріплення матеріалу здійснюється шляхом тривимірного розрахунку ступеня турбіни за допомогою сучасних CFD комплексів, спроектованого за допомогою програми «AxStream». Остання базується на результатах розробок кафедри «турбінобудування» по створенню методів оптимізації турбін. Не менш важливим етапом засвоєння дисципліни є самостійна робота студентів в процесі викладання дисципліни.

1.4. Контроль якості навчання студентів проводиться в процесі кожного заняття, модульним контролем та іспитом по закінченню 11 семестру.

1.5. Самостійна робота студента базується на праці з рекомендованою літературою, контролем вивчення розділів за допомогою питань для самоперевірки та трьохвимірним обчисленням, використовуючи сучасні CFD комплекси, турбінного ступеню, спроектованого студентом за допомогою програми «AxStream».

1.6. Загальний обсяг аудиторних годин 32, що складаються з лекційної форми навчання з залученням вирішення практичних задач.

2. Зміст дисципліни

2.1. (ТЕМА 1) Оптимізація параметрів осьового турбінного ступеня уздовж радіуса з урахуванням просторової течії робочого тіла.

Математичне моделювання просторової течії в ступені осьової турбіни. Основні припущення, використані рівняння і відношення. Математична модель вісесиметричної течії в ступені парової та газової турбіни. Розрахунок вісесиметричних течій стисливої рідини в проточній частині осьових турбін в загальній постановці. Оцінка вірогідності моделі й апробація алгоритму. Математичні моделі ступенів парових та газових

турбін, що дозволяють ставити задачу оптимізації їх геометричних і газодинамічних параметрів. Підстави для використання прямої задачі розрахунку ступеня для вирішення задачі оптимізації. Чисельне рішення задачі оптимізації. Порівняння вихідних та оптимізованих турбінних ступенів парових турбін різної потужності. Аналіз причин підвищення їх ефективності.

2.2. (ТЕМА 2) Вплив протікання на оптимальні закони закручення вінців осьових турбінних ступенів. Оптимізація осьового турбінного ступеня з урахуванням протікання.

Наявність, класифікація та можливі картини перетікання в турбінному ступені. Розрахункові формули для визначення величини протікання і втрат від нього в осьовому турбінному ступені. Результати розрахунків втрат від протікання разом з алгоритмом розрахунку просторового потоку для ступенів в широкому діапазоні втулкових відносин та порівняння їх з результатами експериментальних досліджень. Спрощений метод визначення нахилу й кривизни ліній струму уздовж радіуса в перетинах перед і за робочим колесом. Порівняння з експериментом. Результати розрахункового дослідження впливу протікання на оптимальні закони закручення напрямних і робочих коліс у широкому діапазоні зміни втулкового відношення. Вплив витоку через радіальний зазор та підсмоктування в кореневий зазор. Просторова оптимізація осьового турбінного ступеня з врахуванням протікання. Порівняння економічності вихідних і оптимізованих ступенів циліндрів високого та середнього тиску потужної парової турбіни.

2.3. (ТЕМА 3) Проектування аеродинамічно досконалих профілів лопаток турбомашин.

Побудова турбінних профілів за допомогою ЕОМ. Вибір порядку й визначення коефіцієнтів поліномів, що описують контур профілю. Обчислення площі профілю й методи її пригонки. Побудова надзвукового профілю. Алгоритм оптимізації форми профілів плоских решіток за геометричним критерієм якості. Розрахунок епюри швидкостей обтікання плоских решіток і обчислення коефіцієнтів втрат. Проектування

аеродинамічно досконалих профілів за мінімумом профільних втрат. Результати профілювання за допомогою алгоритмів оптимізації. Експериментальне дослідження вихідних і оптимізованих профілів.

3. Розподіл навчального часу за розділами та темами.

| Розділи, теми, 11 семестр | Види занять | | | | |
|---------------------------------|-------------|--------|-----------|-------------|------------|
| | Всього | Лекції | Практичні | Лабораторні | Контрольні |
| Тема 1 | 12 | 12 | | | |
| Тема 2 | 10 | 10 | | | |
| Тема 3 | 10 | 10 | | | |

4. Інформаційно-методичне забезпечення

4.1. Бойко А.В. «Оптимальное проектирование проточной части осевых турбин (основы теории, расчётов, эксперимент)»; - Харьков; НТУ «ХПИ»; 2011, 388с.

4.2. Бойко А.В. «Оптимальное проектирование проточной части осевых турбин»; - Харьков, изд-во «Вища школа»; 1982, 152с.

4.3. Бойко А.В., Говорущенко Ю.Н. «Основы теории оптимального проектирования проточной части осевых турбин»; - Харьков, изд-во «Вища школа»; 1989, 220с.

4.4. Бойко А.В., Гаркуша А.В. «Аэродинамика проточной части паровых и газовых турбин, расчёты, исследования, оптимизация, проектирование»; - Харьков; ХГПУ; 2000, 360с.

4.5. Бойко А.В., Говорущенко Ю.Н., Ершов С.В., Русанов А.В., Северин С.Д. «Аэродинамический расчёт и оптимальное проектирование проточной части турбомашин»; Харьков; НТУ «ХПИ»; 2002, 356с.

4.6. Химмельблау Д. «Прикладное нелинейное программирование»; - Москва, изд-во «Мир»; 1975, 536с. (перевод с английского)

5. Структурно-логічна схема вивчення дисциплін

5.1. Забезпечуючи навчальні дисципліни

5.1.1 Вища математика

5.1.2 Регулювання парових і газових турбіни

5.1.3 Теорія решіток

5.1.4 Газодинаміка

5.1.5 Конструкції та міцність турбомашин

5.1.6 Змінні режими парових і газових турбіни

5.2. Галузі використання дисципліни, що вивчається

5.2.1 Теплофізичні процеси в парових турбінах

5.2.2 Теплофізичні процеси в газових турбінах

5.2.3 Експериментальне дослідження газодинамічних процесів в парових і газових турбіни.

5.3. Види навчальних занять – лекції та практичні заняття

5.4. Самостійна робота студентів полягає у вивченні окремих питань рекомендованої літератури.

Програму склав

д.т.н., проф.

А.В. Бойко