

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.04.12 Турбомашины и комбинированные турбоустановки

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Проблемы совершенствования паротурбинных установок»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.2

Всего: 108 часов

Семестр 3, в том числе 6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника,

код и название направления

утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 878, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников

05.04.12 Турбомашин и комбинированные турбоустановки

шифр и название специальности

утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение современного состояния и проблем совершенствования паротурбинных установок, их конструирования и особенностей эксплуатации.

Задачами дисциплины являются:

- приобретение навыков проектирования и проведения комплексных исследования при решении проблем совершенствования паротурбинных установок;
- освоение методов теоретических и экспериментальных исследований в области турбиностроения;
- освоение инновационных технических решений по повышению эффективности и надежности паровых турбин;
- освоение оптимизации конструкций с учетом технологичности надежности и экономичности.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);

- владение методами теоретических и экспериментальных исследований в области турбиностроения (ПК-1);
- владение методологией научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий, используемых в турбиностроении (ПК-2);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования при решении проблем совершенствования паротурбинных установок (ПК-4).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- типы паротурбинных установок, состав оборудования, применение в энергетике (УК-1);
- преобразование энергии в турбинной ступени; преимущества и недостатки многоступенчатых паровых турбин (ОПК-1);
- типовые конструкции элементов паровых турбин; особенности конструкции паротурбинных установок различного назначения (ОПК-3);
- принципы эксплуатации паротурбинных установок (ОПК-4);
- инновационные технические решения по повышению эффективности и надежности паровых турбин (УК-4);
- способы повышения эффективности конденсационной установки (ПК-4).

уметь:

- проектировать высокоэффективные и качественные конструкции, паровых турбин (ПК-4);
- использовать программные приложения для решения научно-исследовательских задач при проектировании высокоэффективных и надежных конструкций турбомашин (ПК-2);
- реализовывать инновационные технические решения по повышению эффективности и надежности паровых турбин (ПК-1);
- использовать современные методики расчета ступеней паровых турбин (ОПК-3).

владеть:

- методами проектирования высокоэффективных и качественных конструкций паровых турбин (ПК-2);
- современными методами расчета ступеней паровых турбин (ОПК-3);
- методами анализа результатов расчета и оценки экономичности и надежности элементов конструкций паровых турбин (ОПК-4);
- методами оптимизации конструкций с учетом надежности, экономичности и технологичности (ПК-1).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Типы паротурбинных установок, состав оборудования, применение в энергетике (16 час.)

Принципиальные схемы ПТУ и их классификация. Классификация ПТУ различного назначения. Преимущества и недостатки ПТУ, применение в энергетике. Основные показатели экономичности.

2. Преобразование энергии в турбинной ступени. Многоступенчатые паровые турбины. (20 час.)

Ступени турбомашин, их типы, характеристики. Приложение уравнений МЖГ к турбонасосам, решетки профилей. Тепловой процесс в ступени паровой турбины: изображение в h,s -диаграмме, степень реактивности. Активные и реактивные ступени. Баланс потерь. Условия достижения максимального КПД ступени. Ступени скорости: Парциальный подвод пара. Оптимальная степень парциальности. Влияние верности. Дополнительные потери в ступени турбомашин: потери на трение диска, потери от утечек и влажности. Снижение потерь от влажности, особенности ступеней турбин АЭС.

Многоступенчатые турбомашин. Преимущества и недостатки многоступенчатых турбин. КПД ступени и многоступенчатой паровой турбины. Предельная мощность однопоточной паровой турбины. Осевые усилия в многоступенчатых турбонасосах. Системы парораспределения паровых турбин: сопловое, дроссельное; обводное. Влияние параметров пара на конструкцию и экономичность ПТУ.

3. Типовые конструкции элементов паровых турбин. Особенности конструкции паротурбинных установок различного назначения(16 час.)

Уплотнения, патрубки, регулирующие клапаны; диафрагмы. Конструкции современных паровых турбин нового поколения различного назначения. Конструкции паровых турбин. Система опирания статора турбины К-300-240 на фундамент. Организация тепловых расширений турбины К-300-240.

Конструкция роторов высокого, среднего и низкого давления турбины К-300-240. Конструкция опорных подшипников паровых турбин.

4. Принципы эксплуатации паротурбинных установок (20 час.)

Принципы рациональной эксплуатации. Пусковые схемы. Эксплуатационные режимы. Контроль параметров паротурбинной установки.

5. Инновационные технические решения по повышению эффективности и надежности паровых турбин (22 час.)

Современные конструкции и принципы проектирования диффузорных элементов проточных частей турбомашин, снижение гидравлического сопротивления систем парораспределения, выхлопных, переходных патрубков, уменьшение потерь с выходной скоростью. Применение 3D профилирования лопаточного аппарата. Комбинация активного и реактивного облопачивания.

Выбор конструкции диафрагменных, надбандажных и концевых уплотнений, условия рационального применения сотовых вставок. Выбор размеров и проектирование выхлопных отсеков паротурбинных установок.

Преимущества применения сварных роторов паровых турбин, компоновка паротурбинной установки, выбор конструкции и числа цилиндров, осевой выхлоп.

Проблемы перехода на сверхвысокие параметры пара, применение второго промежуточного перегрева.

6. Повышение эффективности конденсационной установки (24 час.)

Конденсационные установки паровых турбин. Принципиальная схема конденсационной установки. Устройство конденсатора. Тепловые процессы в конденсаторе. Тепловой баланс конденсатора. Характеристики конденсатора при переменном режиме работы. Проблемы обеспечения надежности элементов конденсатора. Конструкции конденсаторов. Распределение параметров в конденсаторе. Сопротивление по паровому и водяному трактам. Переохлаждение конденсата. Причины и последствия. Воздушная и водяная плотности конденсатора. Деаэрация в конденсаторе. Устройство воздушных конденсаторов. Достоинства и недостатки воздушных конденсаторов. Конструкции воздушных конденсаторов. Примеры их применения.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

3 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Принципиальные схемы ПТУ и их классификация. Классификация ПТУ различного назначения.
2. Преимущества и недостатки ПТУ, применение в энергетике.
3. Основные показатели экономичности ПТУ.
4. Ступени турбомашин, их типы, характеристики.
5. Приложение уравнений МЖГ к турбомашинам, решетки профилей.
6. Тепловой процесс в ступени паровой турбины: изображение в h,s -диаграмме, степень реактивности.
7. Активные и реактивные ступени.
8. Баланс потерь. Условия достижения максимального КПД ступени.
9. Ступени скорости: Парциальный подвод пара. Оптимальная степень парциальности. Влияние верности.
10. Дополнительные потери в ступени турбомашин: потери на трение диска, потери от утечек и влажности. Снижение потерь от влажности, особенности ступеней турбин АЭС.
11. Многоступенчатые турбомашин. Преимущества и недостатки многоступенчатых турбин.

12. КПД ступени и многоступенчатой паровой турбины.
13. Предельная мощность однопоточной паровой турбины.
14. Осевые усилия в многоступенчатых турбомашинах.
15. Системы парораспределения паровых турбин: сопловое, дроссельное; обводное. Влияние параметров пара на конструкцию и экономичность ПТУ.
16. Уплотнения, патрубки, регулирующие клапаны; диафрагмы. Конструкции современных паровых турбин нового поколения различного назначения.
17. Принципы рациональной эксплуатации ПТУ. Пусковые схемы. Эксплуатационные режимы. Контроль параметров паротурбинной установки.
18. Современные конструкции и принципы проектирования диффузорных элементов проточных частей турбомашин.
19. Применение 3D профилирования лопаточного аппарата. Комбинация активного и реактивного облопачивания.
20. Выбор конструкции диафрагменных, надбандажных и концевых уплотнений, условия рационального применения сотовых вставок.
21. Выбор размеров и проектирование выхлопных отсеков паротурбинных установок.
22. Преимущества применения сварных роторов паровых турбин.
23. Компоновка паротурбинной установки, выбор конструкции и числа цилиндров, осевой выхлоп.
24. Проблемы перехода на сверхвысокие параметры пара, применение второго промежуточного перегрева.
25. Конденсационные установки паровых турбин.
26. Принципиальная схема конденсационной установки. Устройство конденсатора.
27. Тепловые процессы в конденсаторе. Тепловой баланс конденсатора.
28. Характеристики конденсатора при переменном режиме работы.
29. Проблемы обеспечения надежности элементов конденсатора.
30. Конструкции конденсаторов.
31. Распределение параметров в конденсаторе.
32. Устройство воздушных конденсаторов.
33. Достоинства и недостатки воздушных конденсаторов. Конструкции воздушных конденсаторов. Примеры их применения.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Паровые и газовые турбины для электростанций: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний. Под ред. А.Г. Костюка. – М.: Издательство МЭИ, 2008. (ISBN: 5-903072-53-4).

2. Трухний А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки / А.Д. Трухний, Б.В. Ломакин. М.: Издательство МЭИ, 2006. (ISBN: 5-903072-53-4).
3. Трухний А.Д., Булкин А.Е. Тихоходные паровые турбины атомных электрических станций: Учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ. 2011. (ISBN: 5-903072-53-4).
4. Основы современной энергетики: Учебник для вузов. В двух частях / Под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – 5-е издание, перераб. и доп. - Часть 1. Трухний А.Д., Изюмов М.А., Поваров О.А., Малышенко С.П. Современная теплоэнергетика: М.: Издательство МЭИ, 2010. – 470 с. (ISBN: 978-5-383-00502-6).
5. Зорин В.М. Атомные электростанции: учебное пособие для вузов / В.М. Зорин. – Издательский дом МЭИ, 2012. (ISBN: 978-5-383-00604-7).
6. Трояновский Б.М. Переменные режимы паровых турбин: учебное пособие. – Издательский дом МЭИ, 2010. (ISBN: 978-5-383-00444-9).

Дополнительная литература:

7. Костюк А.Г. Динамика и прочность турбомашин. Москва, Издательский дом МЭИ, 2007 г., 474 с. (ISBN: 978-5-383-00130-1).
8. Бродов Ю.М. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. (ISBN: 978-5-383-00079-3).
9. Родин В.Н. Ремонт паровых турбин: Учебное пособие. УГТУ, 2002. (ISBN: 5-321-00185-5).
10. Булкин А.Е. Автоматическое регулирование энергоустановок. Учебное пособие для вузов по специальности "Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели" направления "Энергомашиностроение". – М.: Изд. дом МЭИ, 2009 . – 508 с. (ISBN: 978-5-383-00208-7).