

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 09 » февраля 2017 г.



Программа аспирантуры

Направление: 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника

Направленность (специальность): 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (энергетика, машиностроение)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Проблемы оптимизации тепловых схем ТЭС»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.1

Всего: 108 часа

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,  
84 часа – самостоятельная работа,  
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 875, и паспорта специальности 05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям), номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является формирование у обучаемого знаний и умений оптимизировать тепловые схемы ТЭС.

**Задачами** дисциплины являются:

- изучение принципов оптимального управления режимами работы электростанций и энергетических объектов;
- ознакомление со структурой и принципами управления в топливно-энергетическом комплексе страны, условиями и особенностями функционирования и режимов работы электростанций и оборудования электростанций в условиях рынка электроэнергии и мощности;
- научиться принимать оптимальное решение и обосновывать конкретные технические решения при выборе режимов работы энергетического оборудования при их работе на частичных нагрузках, в режимах резервирования мощности, при участии их в регулировании частоты и мощности в энергосистеме.

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

- способность разрабатывать на научной основе автоматизированные технологии и производства и системы управления технологическими процессами в энергетике (ПК-2).

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**Знать:**

- постановки оптимизационных задач в технике и технологиях (ПК-2);
- принципы работы, регулирования и управления теплотехническими объектами, функции и задачи автоматических и автоматизированных систем управления (ПК-2);

- технологические процессы объектов управления, математические методы оптимизации, методы математического моделирования динамических систем, типовые алгоритмы оптимизации линейных и нелинейных систем (ПК-2).

#### **Уметь:**

- применять методы оптимизации и оптимального управления, математического и физического моделирования, теоретического и экспериментального исследования в прикладной теории управления режимами работы объектов энергетики (ПК-2);
- анализировать информацию о новых алгоритмах автоматического управления и методах анализа и синтеза автоматических систем управления (ПК-2);
- рассчитывать и оптимизировать тепловые схем энергетических объектов (ПК-2).

#### **Владеть:**

- математическими методами формализованного описания задач оптимального управления (ПК-2);
- техникой применения математических методов оптимизации и стандартных программных продуктов пакетов для поиска оптимальных решений (ПК-2);
- методиками расчета и оптимизации тепловых схем энергетических объектов (ПК-2).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Тепловые схемы и системный подход к их исследованию**

Задача исследования и задача оптимизации технологической схемы ТЭС. Функциональные свойства ТЭС и критерии оптимизации. Определение и состав тепловой схемы. Тепловые схемы принципиальные и полные. Виды и цели расчетов тепловых схем. Исследование ТЭС на основе системного подхода. Иерархия задач исследования ТЭС. Задача оптимизации ТЭС и основные этапы ее решения.

Математические модели тепловых схем: определение и классификация. Принципы разработки на основе системного подхода и состав математических моделей тепловых схем. Математическая модель с фиксированной структурой тепловой схемы. Линейная математическая модель. Процедура теории графов для решения уравнений нелинейной математической модели.

### **Математическое моделирование тепловых схем на основе элементов оборудования**

Способы моделирования тепловых схем на основе математических моделей элементов технологического оборудования. Примеры математических моделей элементов оборудования. Описание связей тепловой схемы в универсальной математической модели: с использованием

указателей. Таблицы с задаваемыми логическими и физическими параметрами.

Представление тепловой схемы в виде информационно-насыщенного графа. Способы описания связей вершин графа. Способы задания информационно-насыщенного графа тепловой схемы. Формирование массивов данных, необходимых для расчета тепловой схемы. Реализация математической модели на ЭВМ. Обеспечение удобства пользователей при подготовке исходных данных.

### **Математическое моделирование тепловых схем на основе групп элементов оборудования**

Математическая модель тепловой схемы ПТУ на основе групп элементов технологического оборудования. Обоснование подхода, его преимущества. Обобщенные уравнения теплового баланса для различных систем паротурбинной установки: системы регенеративного подогрева питательной воды, теплофикационной установки, системы промежуточных сепарации и перегрева пара турбины. Матрицы, задающие структуру групп элементов оборудования. Обобщенное уравнение системы регенерации в матричной форме.

### **Задача оптимизации ТЭС**

Задача оптимизации ТЭС. Исходная информация, ее вероятностный характер. Оптимизируемые параметры. Полная и локальные задачи. Временной аспект задачи оптимизации; основные этапы ее решения в соответствии с системным подходом. Иерархия математических моделей для полной задачи оптимизации ТЭС.

Критерии оптимальности: приведенные годовые и интегральные затраты; функция приведения. Разность приведенных затрат как критерий оптимальности локальной задачи.

Современные подходы к оптимизации в условиях неопределенности исходной информации и возможности многокритериальной оптимизация.

### **Режимы работы оборудования теплофикационных электростанций и их оптимизация**

Особенности режимов работы для различных типов теплофикационных агрегатов. Тепловой график, выработка электроэнергии и мощности на тепловом потреблении. Энергетические показатели теплофикационных агрегатов при различных режимах работы теплофикационной установки. Выбор оптимальных режимов теплофикационной установки при различных сочетаниях тепловой и электрической нагрузок, возможности получения дополнительной мощности на теплофикационных агрегатах и их сравнительная эффективность. Особенности решения задач выбора состава генерирующего оборудования и оптимального распределения тепловой и электрической нагрузки на ТЭЦ со сложным составом оборудования. Особенности решения поставленных задач при обслуживании электростанции нескольких групповых точек поставки электроэнергии и поставки тепла по нескольким магистралям.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:  
7 семестр – дифференцированный зачет.

### **Вопросы для самоконтроля и проведения зачета**

1. Принципы управления энергетической отраслью России на современном этапе.
2. Этапы реструктуризации энергетики и современное ее состояние.
3. Рынок электроэнергии и мощности – основные принципы его работы.
4. Этапы выхода электростанции на рынок электроэнергии и мощности.
5. Основные проблемы работы станций на рынке электроэнергии и мощности.
6. Основные характеристики суточных графиков электропотребления.
7. Работа энергоблоков на частичных нагрузках — регулировочный диапазон, ограничения.
8. Регулировочный диапазон барабанных и прямоточных котлов и способы их расширения.
9. Выбор оптимального способа регулирования давления свежего пара перед турбиной.
10. Скользящее регулирование — преимущества и недостатки.
11. Работа паровой турбины на пониженных нагрузках.
12. Работа конденсационной установки на частичных нагрузках.
13. Работа питательной установки энергоблоков сверхкритических параметров на частичных нагрузках.
14. Работа регенеративной системы на частичных нагрузках.
15. Способы резервирования мощности, их сравнительная оценка.
16. Разгрузочные режимы, их показатели по экономичности, надежности и маневренности.
17. Остановочно-пусковые режимы, их показатели по экономичности, надежности и маневренности.
18. Моторный и малопаровые режимы, их показатели по экономичности, надежности и маневренности.
19. Оптимальное распределение электрической нагрузки на станции.
20. Оптимальное распределение электрической нагрузки на станции по многокритериальному принципу.
21. Способы получения дополнительной мощности на различных типов энергоблоков.
22. Особенности ПГУ как объекта управления. Регулировочный диапазон ПГУ, способы его расширения.

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

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература:**

1. Аракелян Э.К., Пикина Г.А. Оптимизация и оптимальное управление: учебное пособие.- 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательский дом МЭИ, 2008.-408с.
2. Государственное регулирование тарифов и развитие конкурентного рынка электрической энергии в России: учеб. пособие / Б.К.Максимов, В.В.Молодюк. - М., Изд-во МЭИ,2006.- 176с.

### **Дополнительная литература:**

3. Аракелян Э.К., Старшинов В.А. Повышение экономичности и маневренности оборудования тепловых электростанций. Изд-во МЭИ, 1992.
4. Веников В.А., Журавлев В.Г., Филиппова Т.А. Оптимизация режимов работы электростанций и энергосистем. М.: Энергоиздат, 1990.