

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.14.14 Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины по выбору

«Водоподготовка и водно-химические режимы на ТЭС»

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, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 05.14.14 Тепловые электрические станции, их энергетические системы и аппараты, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

### **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является изучение технологии очистки теплоносителя и технологий коррекции теплоносителя для обеспечения оптимального водно-химического режима на ТЭС.

**Задачами** дисциплины являются:

- познакомить с технологическими процессами и аппаратами, используемыми при подготовке добавочной воды и при коррекции теплоносителя на ТЭС;
- научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании, эксплуатации установок по очистке добавочной воды и обеспечению оптимального водно-химического режима на ТЭС.

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

- способность исследовать, разрабатывать и совершенствовать основное и вспомогательное оборудование ТЭС (ПК-1).

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **знать:**

- нормативные правовые документы в области подготовки добавочной воды и контроля качества теплоносителя (ПК-1);
- нормативно-правовые документы, определяющие работу ТЭС России (ПК-1);
- типовые методики проведения испытаний оборудования водоподготовки и ведения водно-химического режима с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием (ПК-1);

### **уметь:**

- участвовать в испытаниях оборудования, предназначенного для водоподготовки и организации водно-химических режимов на ТЭС (ПК-1);
- принимать участие в монтажно-наладочных и ремонтных работах на основном и вспомогательном оборудовании установок ТЭС и АЭС при условии профессиональной адаптации; участвовать в испытаниях оборудования, предназначенного для подготовки добавочной воды и коррекции теплоносителя на ТЭС (ПК-1);
- поддерживать оптимальные водно-химические режимы при эксплуатации оборудования ТЭС (ПК-1);
- участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования отдельных узлов оборудования и объектов деятельности в целом с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации (ПК-1);

### **владеть:**

- специальной терминологией в области подготовки добавочной воды и поддержании водно-химических режимов при эксплуатации оборудования ТЭС (ПК-1);
- навыками работы с нормативной документацией, и применения полученных знаний при проектировании, эксплуатации и испытаниях оборудования (ПК-1);

– способностью к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок по стандартным методикам (ПК-1).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. *Введение. Использование воды на ТЭС. Технологические показатели качества воды. Типы и характеристики природных вод. Предварительная очистка воды*

Использование воды на ТЭС. Вода как теплоноситель, замедлитель и рабочее тело. Типичные схемы обращения воды на ТЭС. Загрязнение водного теплоносителя в трактах ТЭС. Жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток. Примеси и естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод. Загрязнение природных водоемов стоками промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий. Физико-химические процессы, протекающие в воде при коагуляции. Изменение химического состава воды при коагуляции. Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок. Химические реакции, протекающие при известковании воды. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения. Осветлительные фильтры насыпного и намывного типа. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа. Процессы абсорбции и десорбции газов. Технология деаэрации воды. Технология декарбонизации воды. Химические методы удаления из воды коррозионно-агрессивных газов.

2. *Обессоливание воды методами ионного обмена и обратного осмоса*

Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках. Основные закономерности ионного обмена. Технология катионирования. Na-катионирование. H-катионирование. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Процессы последовательного H-ОН-ионирования воды. Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с одной и несколькими ступенями отдельного H-ОН-ионирования. Процесс совместного H-ОН-ионирования воды. Конструкции ФСД с

регенерацией внутри и вне корпуса фильтра. Технология выносной регенерации. Обратный осмос. Процессы, протекающие в установках обратного осмоса. Характеристики мембран. Требования к качеству исходной воды, обрабатываемой мембранными способами.

### *3. Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе. Процессы коррозии металлов*

Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте. Виды коррозионных процессов. Химическая и электрохимическая коррозия. Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов. Виды коррозионных повреждений различных сталей и сплавов. Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима. Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе. Изменение свойств воды. Выделение твердой фазы в форме накипи и шлама. Типы отложений в прямоточных и барабанных котлах.

### *4. Водно-химические режимы установок с барабанными, прямоточными котлами, ПГУ*

Особенности организации водного режима. Нормирование качества питательной воды и пара. Методы очистки конденсата и питательной воды. Продувка котла как метод удаления примесей. Нормирование качества пара, питательной и котловой воды. Предотвращение отложений солей кальция и магния. Борьба с отложениями продуктов коррозии железа, меди, алюминия и кремния.

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

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 3 семестр – дифференцированный зачет.

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

1. Технология коагуляции коллоидных примесей воды.
2. Пути поступления примесей в пароводяной тракт ТЭС.
3. Зависимость изменения показателей качества воды в поверхностном источнике по временам года.

4. Образование паровых растворов и расчет растворимости примесей в
5. Технология очистки воды методом фильтрования.
6. Изменение свойств воды и пара в пароводяном тракте ТЭС.
7. Технология ОН-анионирования.
8. Изменение показателей качества воды при известковании.
9. Технология очистки воды в двухступенчатой схеме обессоливания.
10. Характеристики и свойства ионообменных материалов.
11. Десорбционные методы удаления из воды растворенных газов.
12. Основные типы водных режимов барабанных котлов и условия их реализации.
13. Образование защитных оксидных пленок на поверхностях металла.
14. Электрохимическая коррозия.
15. Изменение показателей качества воды при коагуляции.
16. Технология Na-катионирования.
17. Технология очистки воды в двухступенчатой схеме обессоливания.
18. Фосфатирование котловой воды.
19. Технология очистки воды в фильтрах смешанного действия.
20. Образование защитных оксидных пленок на поверхностях металла.

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

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература:

1. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – 2 изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 309с.: ил. ISBN 5-903072-45-3.
2. Воронов В.Н., Петрова Т.И. Под ред. Пильщикова А.П. Водно-химические режимы ТЭС и АЭС. - М: Изд-во МЭИ, 2009. - 238 с., 2009. ISBN 978-5-383-00145-5.
3. Пантелеев А.А., Рябчиков Б.Е., Хоружий О.В., Громов С.Л., Сидоров А.Р. Мембранные технологии в промышленной водоподготовке – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 429 с.

### Дополнительная литература:

4. В.Ф. Очков и др. Энциклопедия физико-химических технологий ТЭС и АЭС. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ. Свидетельство №000610802.
5. Пильщиков А.П. Очистка воды методом фильтрования. М.: Издательство МЭИ, 2004. – 64 с.
6. Богловский А.В., Копылов А.С., Очков В.Ф., Пильщиков А.П., Чудова Ю.В. Предварительная очистка воды в схемах водоподготовки. М.: Издательство МЭИ, 2002. – 72 с.
7. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1991. – 328 с.
8. Сервер открытых интернет-расчетов НИУ «МЭИ»  
<http://calc.mpei.ru>
9. <http://www.vpu.ru>
10. <http://tw.t.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/eee/physchem.html>
11. <http://tw.t.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/eee/garrels/index.html>