

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ЭНИН  
\_\_\_\_\_ В.М. Завьялов  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

## 1.2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ: **ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЕ И  
ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**
2. УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ (КОД) В УЧЕБНЫХ ПЛАНАХ: **БЗ.В.1.3**
3. НАПРАВЛЕНИЕ ООП: **140100 Теплоэнергетика и теплотехника**
4. КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ): **Бакалавр техники и технологии**
5. ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ: **Кафедра атомных и тепловых  
электростанций ЭНИН**
6. ПРЕПОДАВАТЕЛЬ: **Коротких Александр Геннадьевич,  
д.ф.-м.н., профессор  
тел.: (3822) 701777, вн. 1680  
E-mail: korotkikh@tpu.ru**

### 7. ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

- Получение студентом новых знаний, умений и навыков, связанных с теплообменным оборудованием атомных и тепловых электростанций, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями, наладкой и эксплуатацией энергетического оборудования обеспечивающими безопасность, безаварийность электростанций;

- Подготовка выпускника к расчетно-проектной и проектно-конструкторской деятельности в области создания теплоэнергетического оборудования с использованием современных технологий высокоэффективного преобразования тепловой энергии в другие виды;

- Подготовка выпускника к производственно-технологической деятельности в области эксплуатации современного высокоэффективного теплоэнергетического оборудования с соблюдением требований защиты окружающей среды и безопасности производства;

- Подготовка выпускника к научно-исследовательской деятельности связанной с выбором, оптимизацией и разработкой высокоэффективных методов и оборудования для преобразования теплоты в другие виды энергии;

- Подготовка выпускника к монтажу, наладке, обслуживанию и испытаниям теплоэнергетического оборудования.

### 8. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ:

В результате освоения дисциплины студент должен будет:

- **знать** основные виды и конструкции вспомогательного энергетического оборудования, используемых на электростанциях; свойства конструкционных материалов, применяемых в энергетике; основы конструирования теплообменного оборудования электростанций; процессы и уравнения гидродинамики, тепло - и

массообмена, используемых в расчетах энергетического оборудования; термодинамические и теплофизические свойства теплоносителей;

- **уметь** использовать основные уравнения теплообмена и гидродинамики в профессиональной деятельности при расчете энергетического оборудования; готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе технико-экономического анализа; правильно выбирать то или иное конструкционное решение для узлов и элементов теплообменного и тепломеханического оборудования в тепловой схеме электростанций;

- **владеть** навыками теплогидравлического расчёта энергетического оборудования, знаниями о конструкциях тепломеханического и вспомогательного оборудования электростанций; методами конструкторских расчётов; навыками использования специальной научной литературой при постановке и решении задач.

## 9. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

### 1. Основные виды схем электростанций

*Лекции* (4 часа). Назначение и типы электростанций. Графики тепловых и электрических нагрузок электростанций. Принципиальные тепловые схемы тепловых и атомных электростанций. Основные виды и классификация вспомогательного теплообменного оборудования на современных электростанциях.

*Практические занятия* (4 часа). Расчет и построение графиков тепловых нагрузок

### 2. Паропроизводящие установки электростанций (4 часа)

*Лекции* (4 часа). Классификация паровых котлов ТЭС и парогенераторов АЭС. Парогенераторы с водоводяным энергетическим реактором и реактором на быстрых нейтронах. Конструкции и основные тепловые, гидравлические и конструкционные характеристики паровых котлов, парогенераторов.

*Практические занятия* (4 часа). Расчет поверхностного пароводяного камерного подогревателя.

### 3. Регенеративные подогреватели

*Лекции* (6 часов). Типы регенеративных подогревателей. Конструкции подогревателей низкого давления поверхностного и смешивающего типа. Подогреватели высокого давления. Схемы включения подогревателей в систему регенеративного подогрева. Тепловой и гидравлический расчет регенеративных подогревателей. Определение основных геометрических размеров подогревателей.

*Практические занятия* (6 часов). Расчет коллекторно-спирального подогревателя. Расчет струйного отсека смешивающего подогревателя.

### 4. Деаэраторы

*Лекции* (4 часа). Термическая деаэрация. Классификация и конструкции деаэраторов. Схемы включения деаэраторов. Колонки струйного и струйно-барботажного атмосферных деаэраторов, повышенного давления. Барботажное устройство. Расчет деаэраторов на тепло- и массообмен. Расчет струйного и барботажного отсеков.

*Практические занятия* (4 часа). Расчет струйного и барботажного отсека деаэратора.

*Лабораторные занятия* (3 часа). Влияние скорости циркуляции теплоносителя на интенсивность теплообмена.

### 5. Сетевые подогреватели

*Лекции* (4 часа). Теплофикация. Конструкции сетевых подогревателей. Схемы

сетевых установок на ТЭЦ и ГРЭС. Тепловой и гидравлический расчет сетевых подогревателей. Определение основных геометрических размеров подогревателей.

*Практические занятия* (4 часа). Расчет сетевого подогревателя.

*Лабораторные занятия* (3 часа). Влияние режимных параметров на работу кожухотрубного подогревателя.

#### **6. Испарительные установки**

*Лекции* (2 часа). Типы испарителей и их конструкции. Схемы включения испарителей. Расчет испарителей.

*Практические занятия* (2 часа). Расчет скорости циркуляции в испарителе.

*Лабораторные занятия* (3 часа). Влияние режимных параметров на работу пластничатого подогревателя.

#### **7. Расчет теплообменного оборудования на прочность**

*Лекции* (3 часа). Выбор теплообменников, баков и резервуаров. Расчет цилиндрических элементов, днищ, трубных досок.

*Практические занятия* (3 часа). Расчет на прочность корпуса, днищ, трубных досок подогревателя. Расчет тепловой изоляции.

#### **Раздел 8. Насосные установки**

*Лекции* (6 часов). Назначение и классификация насосов. Схема и основные элементы насосной установки. Основные параметры насосов. Гидравлическая характеристика насоса. Устройство и принцип действия центробежного насоса. Треугольники скоростей потока жидкости в проточной части центробежного насоса. Уравнения неразрывности потока, сохранения энергии (Бернулли), количества и моментов количества движения. Проектирование проточной части насоса. Высота всасывания и кавитация в насосах. Гидравлическая характеристика сети и насоса. Схемы включения насосов. Регулирование производительности и подачи насосов. Конструкции энергетических и струйных насосов.

*Практические занятия* (6 часов). Расчет гидравлической характеристики сети. Расчет кавитационного запаса насоса.

*Лабораторные занятия* (6 часов). Определение гидравлической характеристики насоса.

#### **Раздел 9. Тягодутьевые машины**

*Лекции* (3 часа). Характеристики тягодутьевых машин. Схемы рабочих колес и треугольники скоростей вентиляторов. Регулирование тягодутьевых машин. Кривые сброса мощности при регулировании вентиляторов. КПД дроссельного регулирования. Акустические характеристики тягодутьевых машин. Выбор вентиляторов и дымососов.

*Практические занятия* (3 часа). Расчет гидравлической характеристики сети. Расчет основных параметров вентилятора.

*Лабораторные занятия* (3 часа). Определение гидравлической характеристики вентилятора.

#### **Раздел 10. Компрессоры**

*Лекции* (2 часа). Компрессорная установка. Типы компрессоров. Применение компрессоров на ТЭС и АЭС. Основные параметры компрессоров. Термодинамика компрессорных машин. Мощность и КПД компрессора. Объемные компрессоры.

*Практические занятия* (2 часа). Расчет компрессора.

*Лабораторные занятия* (2 часа). Испытание компрессора.

10. КУРС: 4 СЕМЕСТРЫ: 7, 8 КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ: 6

11. КОРЕКВИЗИТЫ: **Б3.В.1.2 – Турбины атомных и тепловых электростанций**
12. ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:
- ЛЕКЦИИ: **35 час.**
- ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ: **35 час.**
- ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ: **19 час.**
- АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ: **89 час.**
- САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА: **130 час.**
- ИТОГО: **219 час.**
13. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ:

- Влияние скорости циркуляции теплоносителя на интенсивность теплообмена.
- Влияние режимных параметров на работу кожухотрубного подогревателя.
- Влияние режимных параметров на работу пластничатого подогревателя.

14. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ:

Характеристика тематического содержания индивидуальных заданий и самостоятельной работы студента.

**Темы индивидуальных заданий**

- Расчет кожухотрубчатого подогревателя.
- Расчет струйного отсека смешивающего подогревателя.
- Расчет барботажного отсека деаэратора.
- Расчет скорости циркуляции в испарителе.
- Расчет тепловой изоляции энергетического оборудования.
- Расчет энергетического оборудования на прочность.

**Темы научных проблем и направлений научных исследований**

- Современные теплообменные элементы подогревателей и технологии их изготовления.
- Теплообменные процессы в щелевом конденсаторе тепловой трубы.
- Оптимизация загрузки оборудования ТЭЦ с учетом распределения потоков теплоносителей между сетевыми подогревателями.
- Использование теплового насоса в системе охлаждения конденсатора АЭС.
- Усовершенствование конденсаторов тепловых насосов.
- Методы прогнозирования ресурса теплообменного оборудования электрических станций.
- Оптимальное управление ресурсом парогенератора АЭС.

**Темы, выносимые на самостоятельную проработку**

- Изменение температуры в переходных процессах.
- Численные методы расчета нестационарных и многомерных уравнений теплопроводности, описывающих распределение температуры в элементах конструкции подогревателя.
- Кризис теплообмена в нестационарных условиях.
- Особенности расчёта теплообменников и парогенераторов АЭС.
- Теплообмен в околоскритической области параметров состояния.
- Процессы диффузии. Массоперенос в контурах.
- Конденсационные гидроудары.

- Тепловые удары и периодические колебания температуры.
- Системы компенсации давления.
- Парогенераторы судовых ядерных паропроизводящих установок.
- Температурные коэффициенты реактивности теплоносителей.
- Парогенераторы газоохлаждаемых реакторов.
- Влияние отложений и загрязнений поверхностей парогенератора на процесс теплообмена.
- Определение надёжности устройства.
- Показатели надёжности устройства (безотказность, долговечность, ремонтпригодность).
- Тепловая изоляция энергетического оборудования и трубопроводов.
- Выбор вспомогательного энергетического оборудования электрических станций.
- Насосное оборудование электрических станций.
- Экспоненциальный закон надёжности.
- Способы повышения эффективности подогревателей смешивающего типа.

15. ВИД АТТЕСТАЦИИ: **зачет в 7 семестре, экзамен в 8 семестре**

16. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

#### **Основная литература**

1. Галашов Н.Н. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 244 с.
2. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электростанции: учебник для вузов. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 463 с.
3. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / Буров В.Д., Лавыгина В.М., Седлова А.С., Цанева С.В. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 466 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: учебник для вузов. – Москва: АРИС, 2014. – 417 с.
2. Зорин В.М. Атомные электростанции: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МЭИ, 2012. – 670 с.
3. Коротких А.Г. Теплопроводность материалов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 97 с. // <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m268.pdf>.
4. Антонова А.М., Воробьев А.В. Атомные электростанции: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. // <http://www.lib.tpu.ru/fulltext3/m/2010/m43.pdf>.
5. Коротких А.Г., Шаманин И.В. Теплогидравлические процессы в ядерном реакторе и расчет их основных параметров: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 108 с. // <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m189.pdf>.

#### **Интернет-ресурсы**

1. Издательство Наука и Технологии: Журналы // [http://www.nait.ru/journals/index.php?p\\_journal\\_id=19](http://www.nait.ru/journals/index.php?p_journal_id=19).
2. ИАТЭ НИЯУ «МИФИ» // <http://www.iate.obninsk.ru/node>.
3. Все о ядерных станциях для Вас – ядерная энергетика // <http://www.allog.ru/>.

4. ELibrary – Журнал «Теплоэнергетика» // <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8246>.
5. ELibrary – Журнал «Известия РАН. Энергетика» // <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9333>.
6. Nuclear power reactor in the world // [http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/rds2-26\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/rds2-26_web.pdf).
7. О журнале Электрические станции // <http://www.elst.energy-journals.ru>.
8. Российские технологии водоводяных энергетических реакторов ВВЭР: состояние и перспектива // [http://www.promvest.info/news/otraslipredaticle.php?ELEMENT\\_ID=22003](http://www.promvest.info/news/otraslipredaticle.php?ELEMENT_ID=22003).

#### **Учебные и методические пособия**

1. Галашов Н.Н. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 244 с.
2. Галашов Н.Н. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций: методические указания к выполнению задач. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 32 с.
3. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 260 с.
4. Антонова А.М., Воробьев А.В. Атомные электростанции: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. // <http://www.lib.tpu.ru/fulltext3/m/2010/m43.pdf>.
5. Коротких А.Г. Теплопроводность материалов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 97 с. // <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m268.pdf>.
6. Коротких А.Г., Шаманин И.В. Теплогидравлические процессы в ядерном реакторе и расчет их основных параметров: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 108 с. // <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m189.pdf>.

#### **Научные публикации**

1. Гулина О.М., Сальников Н.Л. Методы прогнозирования ресурса теплообменного оборудования АС // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2007. – № 3/1. – С. 23–29.
2. Седлов А.С., Васин А.В., Лавриков А.В. и др. Усовершенствование конденсаторов тепловых насосов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2012. – № 6. – С. 30–33.
3. Ефимов Н.Н., Лапин И.А., Малышев П.А., Скубиенко и др. Использование теплового насоса в системе охлаждения конденсатора АЭС // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2010. – № 2а. – С. 66–70.
4. Борисов А.А. Оптимизация загрузки оборудования ТЭЦ с учетом распределения потоков теплоносителей между сетевыми подогревателями // Автореф. дис. канд. техн. наук / Ивановский государственный энергетический университет. – Иваново, 2011.
5. Чернышева М.А., Бартули Э.Ф., Майданик Ю.Ф. Теплообменные процессы в щелевом конденсаторе тепловой трубы // Тепловые процессы в технике. – 2010. – № 8. – С. 354–363.
6. Немытов Д.С., Тяпков В.Ф. Особенности коррозионных повреждений теплообменных труб парогенераторов АЭС с ВВЭР-1000 // Теплоэнергетика. – 2009. – № 7. – С. 70–74.

7. Петреня Ю.К., Хоменок Л.А., Кругликов П.А., Смолкин Ю.В. Основные пути повышения эффективности АЭС с ВВЭР // Теплоэнергетика. – 2008. – № 1. – С. 11–13.

8. Безносов А.В., Бокова Т.А., Савинов С.Ю., Боков П.А., Зефилов М.Д. Экспериментальные исследования характеристик прямоконтактных парогенераторов с тяжёлыми жидкометаллическими теплоносителями // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2008. – № 1. – С. 75–84.

9. Лукьянов А.А., Смыков В.Б., Юрьев Ю.С. Снижение мощности парогенератора АЭС с ВВЭР вследствие отложений на трубах // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2008. – № 1. – С. 112–119.

10. Бородин С.С., Дмитриев С.М., Легчанов М.А., Хробостов А.Е., Самойлов О.Б., Сорокин Н.М. Особенности гидродинамики теплоносителя в альтернативных ТВС реакторов ВВЭР-1000 при использовании перемешивающих решёток // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2006. – № 4. – С. 70–76.

11. Матвеев А.С. Совершенствование тепловых схем и режимов работы паротурбинных ТЭС на основе численного моделирования: диссертация канд. техн. наук. – Томск, 2003. – 146 с.

17. КООРДИНАТОР:

Коротких Александр Геннадьевич,  
д.ф.-м.н., профессор  
тел. (3822) 701777, вн. 1680

Автор \_\_\_\_\_ А.Г. Коротких