

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ЭНИН  
\_\_\_\_\_ В.М. Завьялов  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ АЭС**

Направление ООП **14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»**

Программа подготовки: **«Проектирование и эксплуатация атомных станций»**

Квалификация (степень) **инженер-физик**

Базовый учебный план приема **2014 г.**

Курс **3**, семестр **6**

Количество кредитов **4**

Код дисциплины **ДИСЦ.В.М5**

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	32 часа
Практические занятия, ч	32 часа
Аудиторные занятия, ч	64 часа
Самостоятельная работа, ч	80 часов
<b>ИТОГО, ч</b>	<b>144 часа</b>

Вид промежуточной аттестации экзамен

Обеспечивающее подразделение кафедра АТЭС

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Матвеев

Руководитель ООП \_\_\_\_\_ Л.А. Беляев

Преподаватель \_\_\_\_\_ Л.А. Беляев

2017 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина знакомит студентов с теоретическими и практическими вопросами, лежащими в основе функционирования современных атомных электростанций, алгоритмами инженерных расчетов и оборудованием АЭС.

Цели освоения дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, необходимых для достижения цели основной образовательной программы 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»:

- подготовка выпускника к расчетно-проектной и проектно-конструкторской деятельности в области разработки структуры и оборудования для теплоэнергетических систем АЭС с использованием современных технологий;
- подготовка выпускника к производственно-технологической деятельности в области эксплуатации современного высокоэффективного оборудования АЭС;
- подготовка выпускника к научно-исследовательской деятельности связанной с выбором, оптимизацией и разработкой высокоэффективной структуры и оборудования теплоэнергетических установок АЭС;
- подготовка выпускника к обслуживанию и испытаниям теплоэнергетического оборудования АЭС;
- подготовка выпускника к самостоятельному обучению и освоению новых профессиональных знаний и умений.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Термодинамические циклы АЭС» относится к циклу профессиональных дисциплин ООП.

Дисциплине «Термодинамические циклы АЭС» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- Физика,
- Механика жидкости и газа,
- Термодинамика,
- Материаловедение.

Содержание разделов дисциплины «Системная инженерия» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- Турбомашины АЭС,
- Тепломассобмен в энергетическом оборудовании АЭС.

Перечень требований к входным знаниям, умениям, навыкам по дисциплине «Термодинамические циклы АЭС».

Для освоения дисциплины студент должен обладать следующими «входными» знаниями, умениями, навыками.

Иметь знания:

- о термодинамических системах и параметрах, практическом использовании основных законов термодинамики, основах термодинамических процессов;
- о законах движения реальных жидкостей и газов.

Уметь использовать:

- первый и второй законы термодинамики;
- понятия термодинамических циклов и метод расчета их КПД;
- общие свойства реальных газов и жидкостей, критические параметры, уравнений Клапейрона-Клаузиуса и Ван-дер-Ваальса;
- принципы фазовых переходов.

Иметь опыт:

- практических расчетов и проведения простейших исследований по определению термодинамических свойств веществ.

### 3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
P1 (ОК-4); (ПСК-1.5)	31.1	требования, предъявляемые к АЭС, и пути их выполнения	У1.1	выбирать и оптимизировать структуру АЭС	В1.1	работы с технической документацией и литературой, научно-техническими отчетами, справочниками и другими информационными источниками
P2	32.1	процессы, протекающие в оборудовании, и их взаимосвязь в работе атомной электростанции как целого	У2.1	выбирать и рассчитывать оборудование станции	В2.1	выбора основного и вспомогательного оборудования АЭС
P3	3 3.1	методы повышения тепловой экономичности АЭС	У 3.1	определять количественные показатели работы отдельного оборудования и атомной электростанции в		

				целом		
P4 (ПСК-1.6)	3 4.1	методы расчета оборудования, показателей тепловой и общей экономичности электростанции	У 4.1	проводить техническое обоснование принимаемых решений и их оптимизацию по тепловой экономичности		выбора метода анализа эффективности АЭС
P5 (ПСК-1.1) (ПСК-1.3); (ПСК-1.7)	3 5.1	основные системы и оборудование, определяющие работу электростанции	У 5.3	идентифицировать схемы и оборудование систем АЭС		составления тепловых и технологических схем и математических моделей процессов и оборудования паротурбинных установок АЭС
				подготовки исходных данных для расчета тепловых схем различных типов АЭС		
P6 (ПСК-1.5)	3 6.1	принципы, требования и методы проектирования станции		разрабатывать проекты элементов и систем АЭС	В 5.1	проектирования элементов вспомогательного оборудования атомных электростанций

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции, в соответствии с ФГОС.

*1. Универсальные (общекультурные)*

способность/готовность создавать и редактировать тексты профессионального назначения (ОК-4);

владением культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, ОК-6);

умением самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений (ОК-7).

*2. Профессиональные*

способность/готовность составлять тепловые схемы и математические модели процессов и аппаратов преобразования ядерной энергии топлива в тепловую и электрическую энергию (ПСК-1.1);

готовность использовать математические модели и программные комплексы для численного анализа всей совокупности процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС (ПСК-1.3);

готовность к разработке проектов элементов и систем АЭС с целью их модернизации и улучшения технико-экономических показателей с использованием современных средств проектирования (ПСК-1.5);

готовность к проведению предварительного технико-экономического анализа разработок текущих и перспективных АЭС (ПСК-1.6);

готовность подготовить исходные данные для расчета тепловых схем различных типов АЭС (ПСК-1.7);

готовность формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические решения в области проектирования элементов и систем АЭС (ПСК-1.10).

В результате освоения дисциплины «Термодинамические циклы АЭС» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

**Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

№ п/п	Результат
РД1	Знать термодинамические процессы, происходящие в оборудовании атомных электростанций, и уметь рассчитывать параметры этих процессов.
РД2	Использовать методы термодинамического анализа циклов для анализа и расчета эффективности термодинамических циклов.
РД3	Владеть навыками проектирования тепловых схем атомных электростанций с учетом особенностей ядерной паропроизводящей установки.

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

##### ***4.1. Содержание дисциплины***

###### *Введение*

Содержание и построение курса. Познавательная карта курса. Рекомендуемая литература. Атомная энергетика и ее роль в энергетике России и мира.

Преобразование энергии на АЭС. Типы тепловых двигателей, применяемых на АЭС. Паротурбинные установки (ПТУ) и газотурбинные установки (ГТУ). Основные требования, предъявляемые к АЭС: экономичность, надежность, экологичность.

###### *Практические занятия:*

Показатели тепловой экономичности паротурбинной установки и их применение.

###### *Раздел 1. Показатели тепловой экономичности ПТУ.*

Термодинамические цикл ПТУ. Основные параметры цикла. Термический и внутренний коэффициенты полезного действия (КПД) термодинамического цикла. Расход пара простейшей ПТУ.

Показатели тепловой экономичности конденсационной АЭС: КПД, удельный расход теплоты и пара, удельный и годовой расход ядерного топлива. Тепловой баланс АЭС. Значение показателей тепловой экономичности.

###### *Раздел 2. Методы повышения тепловой экономичности ПТУ*

Начальные параметры пара и их влияние на тепловую экономичность ПТУ. Зависимость располагаемого теплоперепада на турбину и конечной

степени сухости от начальных параметров. Сопряженные параметры.

Промежуточный перегрев пара и его влияние на тепловую экономичность ПТУ. Оптимальные давления и температура промежуточного перегрева. Двухступенчатый промперегрев. Зависимость располагаемого теплоперепада на турбину и конечной степени сухости от промперегрева. Паровой промежуточный перегрев.

Конечное давление и его влияние на тепловую экономичность ПТУ. Выбор и обоснование конечных параметров пара на атомных электростанциях. Факторы, определяющие выбор конечного давления.

Регенеративный подогрев питательной воды (РППВ). Сущность РППВ. Расход пара и тепловая экономичность паротурбинной установки с РППВ. Типы регенеративных подогревателей, их сравнительные достоинства и недостатки. Расчет регенеративных подогревателей. Влияние температуры питательной воды на эффективность РППВ. Распределение подогрева по ступеням. Влияние РППВ на экономичность установки с промежуточным перегревом. Экономически наиболее выгодная температура питательной воды.

Схемы включения поверхностных регенеративных подогревателей. Каскадный слив дренажа. Применение охладителей дренажа.

Схемы включения смешивающих подогревателей. Структурные схемы тракта высокого и низкого давления АЭС. Конструкции регенеративных подогревателей: поверхностных ПВД и ПНД, смешивающих.

Раздел 3. *Циклы паротурбинных установок АЭС.*

Современные ядерные энергетические реакторы (ЯЭР) и параметры пара паропроизводящих установок с различными типами ЯЭР.

Сепарация пара и ее влияние на тепловую экономичность. Циклы АЭС с сепарацией пара и промежуточным перегревом. Двукратная сепарация. Оптимальное разделительное давление.

Раздел 4. *АЭС с газотурбинными установками.*

Высокотемпературный газоохлаждаемый реактор (ВТГР). Циклы газотурбинных установок. Эффективность глеевого цикла для АЭС с ВТГР.

Раздел 5. *Перспективные термодинамические циклы АЭС.*

АЭС с реакторами на сверхкритические параметры. Циклы АЭС с отпуском теплоты. Циклы АЭС на диссоциирующих газах.

## **6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **6.1. Виды и формы самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- ✓ работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;

- ✓ выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- ✓ опережающая самостоятельная работа;
- ✓ перевод текстов с иностранных языков;
- ✓ изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- ✓ подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- ✓ подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

### **6.3. Контроль самостоятельной работы**

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателя.

Для текущего контроля в течение семестра предусматривается:

- результаты выполнения и защиты индивидуальных расчетных заданий;
- 4 контрольных работы в семестре по материалам лекций и практических занятий с целью проведения рейтинговой аттестации в конце каждого месяца (с 25 по 28 число).

В конце семестра студент должен набрать минимум (33) баллов, необходимый для допуска к сдаче экзамена. Подробно о видах оцениваемых работ и рубежных значениях суммы баллов изложено в рейтинг-плане. Рейтинг план, тесты, вопросы и задачи для контрольных, вопросы итогового контроля и экзаменационные билеты прилагаются к рабочей программе.

## **7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины**

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита практических заданий и индивидуальных заданий	
Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели	
Тестирование	
Экзамен	

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

- вопросы входного контроля (пример):

1. Первый закон Ньютона (механика).
2. Второй закон Ньютона (механика).
3. Третий закон Ньютона (механика).
4. Дайте определение понятию «термодинамический процесс».
5. Понятие давления. Единицы измерения.
6. Давление: статическое, динамическое, полное.
7. Понятие энтальпии. Единицы измерения.
8. Изотермический процесс. Изображение в  $Ts$  – диаграмме водяного пара.
9. Уравнение теплопроводности.
10. Техническая работа в термодинамическом процессе.
11. Удельная теплоемкость вещества. Единицы измерения.
12. Механическая работа. Единицы измерения.
13. Работа расширения в термодинамических процессах.
14. Скрытая теплота парообразования. Определение энтальпии влажного пара.
15. Изобарный и изохорный процесс. Изображение в  $hs$  – диаграмме водяного пара.
16. Закон сохранения и превращения энергии.
17. Коэффициент теплопередачи.
- 18.
19. Понятие коэффициента полезного действия (КПД).
20. Изотермический процесс и его изображение в  $Ts$ - и  $hs$  – диаграммах водяного пара.
21. Первый закон термодинамики.
22. Теплота и работа в адиабатном процессе.
23. Температурный напор и его определение (среднегеометрический и среднеарифметический).
24. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.
25. Мощность. Единицы измерения.
26. Второй закон термодинамики.
27. Изобарный процесс и его изображение в  $Ts$  - и  $hs$  – диаграммах водяного пара.
28. Уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи.
29. Круговой процесс (цикл). КПД цикла.
30. Работа, затраченная на повышение давления воды.
31. Определение количества теплоты, затраченной на: а) нагрев воды; б) нагрев пара.
32. Удельный объем вещества. Единицы измерения.
33. Нулевое начало термодинамики.
34. Понятие температуры. Единицы измерения.
35. Расписать единицу измерения мощности через основные единицы измерения системы СИ.
36. Теплота и работа в изобарном процессе.



37. Уравнение теплопередачи.

38. Цикл Карно. КПД цикла Карно.

- вопросы текущего контроля (пример):

1. Изобразите схему паротурбинной установки и ее цикл в  $Ts$ - и  $hs$ -диаграммах.
2. Схема и цикл ПТУ. Определите связь между оборудованием и происходящими в них термодинамическими процессами.
3. Схема и цикл ПТУ. За счет чего происходят термодинамические процессы в оборудовании установки.
4. Как по известным начальным параметрам и конечному давлению определить параметры, необходимые для расчета абсолютного внутреннего КПД ПТУ?
5. В чем отличие между относительными и абсолютными КПД ПТУ? (в ответе привести формулы для расчета КПД, можно 2-е, на совместимые)
6. Как определяются располагаемый и действительный теплоперепады турбины? Определите физический смысл этих величин.
7. Какие потери учитывает абсолютный эффективный КПД паротурбинной установки? (в ответе привести формулы для расчета КПД)
8. Какие потери учитывает относительный электрический КПД паротурбинной установки? (в ответе привести формулы для расчета КПД)
9. Как по заданным начальным параметрам, конечному давлению и электрической мощности определить расход пара на турбину? Какие величины дополнительно надо знать?
10. Заданы расход пара на турбину, начальные параметры и энтальпия питательной воды. Как определить электрическую мощность турбогенератора? Какие величины дополнительно надо знать?
11. Заданы электрическую мощность турбогенератора, начальные параметры и конечное давление. Как определить количество теплоты, подведенной в паропроизводящей установке? Какие величины дополнительно надо знать?
12. Определите понятие «средняя температура подвода (отвода) теплоты» и как она определяется?
13. Доказать, что КПД ПТУ может быть определен через средние температуры подвода и отвода теплоты в ПТУ.
14. Какова зависимость КПД цикла сухого насыщенного пара от начальной температуры и в чем кардинальное отличие от подобной зависимости для КПД цикла на перегретом паре?
15. Почему зависимость КПД цикла сухого насыщенного пара от начальной температуры имеет максимум?
16. Доказать, что при увеличении начальной температуры КПД цикла перегретого пара возрастает?
17. Доказать, что зависимость КПД цикла перегретого пара от начального давления при постоянной начальной температуре имеет максимум?

18. Определить, как при уменьшении начального давления при постоянной температуре изменяются начальный удельный объем и конечная степень сухости.
19. Определить, как при уменьшении начальной температуры при постоянном давлении изменяются начальный удельный объем и конечная степень сухости.
20. Дайте определение понятию «сопряженные параметры пара».
21. С какой целью применяется промежуточный перегрев пара в паротурбинных установках?
22. Схема и цикл ПТУ с «огневым» промежуточным перегревом. Определите связь между термодинамическими процессами цикла и оборудованием ПТУ.
23. Схема и цикл ПТУ с паровым промежуточным перегревом. Определите связь между термодинамическими процессами цикла и оборудованием ПТУ.
24. Вывести формулу зависимости КПД цикла с промежуточным перегревом от КПД основного и дополнительного циклов.
25. Доказать, что КПД цикла с огневым промежуточным перегревом имеет максимум в зависимости от давления промежуточного перегрева.
26. Доказать, что КПД цикла с «огневым» промежуточным перегревом имеет максимум в зависимости от давления промежуточного перегрева.
27. Доказать, что термический КПД цикла с паровым промежуточным перегревом ниже, чем термический КПД основного цикла.
28. Как определяется КПД ПТУ с паровым промежуточным перегревом?
29. ПТУ с паровым промежуточным перегревом. Заданы начальные параметры, давление промежуточного перегрева и энтальпия в конце теоретического процесса расширения пара в турбине. Как определить термический КПД цикла?

- экзаменационные билеты (пример):

Министерство образования и науки РФ <b>НАЦИОНАЛЬНЫЙ          ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ          ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ          УНИВЕРСИТЕТ</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1</b> по дисциплине <b>Термодинамические циклы          АЭС</b> институт энергетический курс <b>3</b>
---	---

1. Тепловой цикл паротурбинной установки. Относительные и абсолютные КПД ПТУ.
2. Начальные параметры пара в паротурбинных установках современных АЭС.
3. Влияние конечного давления на эффективность цикла ПТУ. Факторы, определяющие конечное давление в ПТУ.

Составил:

Л.А. Беляев

Утверждаю: Зав. кафедрой АТЭС  
 30 декабря 2013 г.

А.С. Матвеев

Министерство образования и науки РФ <b>НАЦИОНАЛЬНЫЙ          ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ          ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ          УНИВЕРСИТЕТ</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2</b> по дисциплине <b>Термодинамические циклы          АЭС</b> институт <b>энергетический</b> курс <b>3</b>
---	--

1. Тепловой цикл газотурбинной установки и КПД ГТУ.
2. Влияние температуры питательной воды и числа ступеней подогрева на эффективность РППВ.
3. Сепарация влаги и промежуточный перегрев пара в циклах паротурбинных установок АЭС.

Составил:

Л.А. Беляев

Утверждаю: Зав. кафедрой АТЭС  
 30 декабря 2013 г.

А.С. Матвеев

Министерство образования и науки РФ <b>НАЦИОНАЛЬНЫЙ          ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ          ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ          УНИВЕРСИТЕТ</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3</b> по дисциплине <b>Термодинамические циклы          АЭС</b> институт <b>энергетический</b> курс <b>3</b>
---	--

1. Доказать эффективность применения регенеративного подогрева питательной воды в паротурбинной установке.
2. Тепловой цикл паротурбинной установки. Относительные и абсолютные КПД ПТУ.
3. Влияние начальных параметров на экономичность циклов паротурбинных установок.

Составил:

Л.А. Беляев

Утверждаю: Зав. кафедрой АТЭС  
 30 декабря 2013 г.

А.С. Матвеев

### 8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического матери-

ала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);

- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. **Паровые** и газовые турбины для электростанций. / *А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний*; под ред. *А.Г. Костюка*. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 556 с.
2. *Leyzerovich, Alexander. Wet-Steam Turbines for Nuclear Power Plants / A. Leyzerovich.* — Tulsa : PennWell, 2005. — 456 p. : il.
3. Тепловые и атомные электрические станции : учебник для вузов / *Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин.* — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : издательский дом МЭИ, 2008. — 463 с.

Дополнительная литература:

1. Тепловые и атомные электростанции : справочник / под ред. *А. В. Клименко; В. М. Зорина.* — 3-е изд., пераб. и доп.. — М.: Изд-во МЭИ, 2003. — 648 с.: ил.. — Теплоэнергетика и теплотехника: справочная серия: в 4 кн.; Кн. 3.
2. *Трояновский Б.М., Филиппов Г.А., Булкин А.Е.* Паровые и газовые турбины атомных электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1985.
- 3.

Internet-ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

- Бесплатная электронная библиотека Ивановского государственного энергетического университета  
<http://e-le.lcg.tpu.ru/webct/public/home.pl>;
- Сайт ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
<http://rosenergoatom.ru/>;
- Справочник «Функционирование АЭС (на примере РБМК-1000)»  
<http://www.reactors.narod.ru/rbmk/index.htm>;
- Крупнейшая бесплатная электронная интернет библиотека для "технически умных" людей <http://www.tehlit.ru/>;
- <http://www.library.ispu.ru/elektronnaya-biblioteka>;
- Электронная Энциклопедия Энергетики  
<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/trenager.htm>;

- Сайт кафедры ТЭС, Новосибирский государственный технический университет  
<http://tes.power.nstu.ru/>;
- ТЕПЛОТА - все для теплотехника  
<http://Teplota.org.ua/>.

Используемое программное обеспечение:

WaterSteamPro – программа теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей;  
«TABL1», «TFS», «TFM» – программа для расчета свойств теплоносителей.

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения проведения лекционных и практических занятий, самостоятельной работы студентов используются аудитории, оборудованные техническими средствами, мультимедийным оборудованием (компьютеры, мониторы, экраны), автоматизированной системой управления познавательной деятельностью студента (АСУ ПДС), компьютерный класс кафедры. Компьютерный класс находится в локальной компьютерной сети с выходом в корпоративную сеть университета и глобальную сеть Internet. Студенческие файлы данных хранятся на сервере в сетевой структуре каталогов. Этим достигается независимость доступа к данным от рабочей станции, удобство контроля и администрирования. Все необходимые учебно-методические материалы по дисциплине находятся в корпоративном портале ТПУ со свободным доступом к ним.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	аудитории, оборудованные мультимедийным оборудованием	4-301, 4-31
2	компьютерные классы в локальной компьютерной сети с выходом в корпоративную сеть университета и в Internet	4-31, 4-32, 4-101А

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по специальности: 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг».

Программа одобрена на заседании кафедры Атомных и тепловых электростанций Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета  
(протокол № 2 от « 11» февраля 2016 г.).

Автор \_\_\_\_\_ доцент Л.А. Беляев

Рецензент \_\_\_\_\_ доцент А.В. Кузьмин