

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Институт ядерной энергетики и технической физики имени академика Ф.М.  
Митенкова (ИЯЭ и ТФ)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.Б.31 ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**

для подготовки специалистов

Специальность: **14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы»**

Направленность (программы): **«Ядерные реакторы»**

Форма обучения: **очная**

Год начала подготовки **2018**

Выпускающая кафедра: ЯРиЭУ

Кафедра-разработчик: ЭУиТД

Объем дисциплины **144 часов /4 з.е.**

Промежуточная аттестация: **зачет**

Разработчики: Крайнов А.А.,  
Воеводин А.Г., доцент

Нижний Новгород, 2018

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 14.05.01 " Ядерные реакторы и материалы ", утвержденным приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 № 153 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ (протокол от 19. 04. 2018г. № 8).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика «Энергетические установки и тепловые двигатели» (протокол от 15. 06. 2018 г. № 7).

Заведующий кафедрой «Энергетические установки и тепловые двигатели»,

к.т.н., доцент

С.Н. Хрунков  
(подпись)

Рабочая программа рекомендована к утверждению ученым советом ИЯЭ и ТФ, где реализуется данная программа (протокол от 28 02. 2018 г. № 3).

Председатель совета ИЯЭ и ТФ

к.т.н., доцент

А.Е. Хробостов  
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный №

Начальник методического отдела УМУ

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ

Кабанина Н.И  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| 1. Цель и задачи освоения дисциплины.....   | 4  |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....   | 4  |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .   | 4  |
| 4. Структура и содержание дисциплины .....  | 6  |
| 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам<br>освоения дисциплины.....                     | 17 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....  | 19 |
| 7. Информационное обеспечение дисциплины .....  | 20 |
| 8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ .....  | 20 |
| 9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления<br>образовательного процесса по дисциплине..... | 21 |
| 10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины .....  | 22 |
| 11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины .....   | 23 |
| Рецензия на рабочую программу дисциплины .....  | 27 |
| Лист актуализации рабочей программы дисциплины.....   | 28 |

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Целью освоения дисциплины является:

- формирования знаний по теории технической термодинамики;
- формирования навыков решения профессиональных задач по теории тепловых машин и аппаратов энергетических установок атомных электрических станций.

## 1.2. Задачи освоения дисциплины:

- сформировать общее представление о методологических принципах тепловых расчетов оборудования, применяемого в энергетических контурах атомных и тепловых электростанций;
- научить студента умению использовать теоретические положения и практические выкладки

в процессе проектирования теплотехнического оборудования и систем энергетических контуров атомных электростанций.

# 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Техническая термодинамика» включена в перечень базовой части дисциплин и направлена на углубление уровня освоения компетенций ОК-1 и ПСК-1.18. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ОП ВО и УП.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется данная дисциплина, являются:

«Химия», «Математический анализ», «Обыкновенные дифференциальные уравнения», «Физика», «Теория функций комплексного переменного».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья РПД разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

# 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## 3.1. Этапы формирования компетенций

В результате освоения дисциплины «Техническая термодинамика» у обучающегося частично

формируются компетенции ОК-1 и ПСК-1.18, полное формирование которых последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблицы 1 и 2 соответственно).

Таблица 1 - Формирование компетенции ОПК-1

| Код компетенции | Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно | Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|-----------------|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|                 |   | 1 сем.  | 2 сем. | 3 сем. | 4 сем. | 5 сем. | 6 сем. | 7 сем. | 8 сем. | 9 сем. | 10 сем. | 11 сем. |
| ОК-1            | Б1.Б.3 Культурология                                      |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|                 | Б1.Б.4 Философия  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|                 | Б1.Б.6 Социология   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|                 | Б1.Б.8 Русский язык и культура речи                       |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|                 | Б1.Б.11 Математика  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|                 | Б1.Б.11.1 Математический анализ                           |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|                 | Б1.Б.11.2 Обыкновенные дифференциальные уравнения         |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|                 | Б1.Б.11.3 Аналитическая геометрия. Линейная алгебра       |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|                 | Б1.Б.11.4 Теория функций комплексного                     |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |

| Код компетенции | Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно                            | Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|-----------------|--|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                 |  | 1 сем.  | 2 сем. | 3 сем. | 4 сем. | 5 сем. | 6 сем. | 7 сем. | 8 сем. | 9 сем. | 10 сем. |
|                 | переменного  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.11.5 Теория вероятностей и математическая статистика                            |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.12 Векторный и тензорный анализ   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.13 Физика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.14 Атомная физика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.15 Ядерная физика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.16 Квантовая механика и статистическая физика                                   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.17 Химия  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.19 Информатика  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.20 Уравнения математической физики  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.21 Начертательная геометрия и инженерная графика                                |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.22 Механика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.23 Компьютерное моделирование   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.24 Теоретическая механика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.25 Прикладная физика  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.26 Теория тепломассопереноса  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.27 Математические методы моделирования физических процессов                     |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.28 Электротехника и электроника   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.30 Основы систем автоматизированного проектирования                             |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.31 Техническая термодинамика  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.33 Методы и приборы физических измерений  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.36 Физическое и математическое моделирование                                    |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.38 Сварка   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б2.У.1 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков             |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б2.У.2 Практика по получению первичных навыков научно-исследовательской деятельности |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б3.Д.1 Подготовка и защита ВКР   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |

**Таблица 2 - Формирование компетенции ПСК-1.18**

| Код компетенции | Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно                      | Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|-----------------|--|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                 |  | 1 сем.  | 2 сем. | 3 сем. | 4 сем. | 5 сем. | 6 сем. | 7 сем. | 8 сем. | 9 сем. | 10 сем. |
| ПСК-1.18        | Б1.Б.13 Физика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.14 Атомная физика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.15 Ядерная физика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.16 Квантовая механика и статистическая физика                             |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.17 Химия  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.22 Механика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.24 Теоретическая механика   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.25 Прикладная физика  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.26 Теория тепломассопереноса  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.31 Техническая термодинамика  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.Б.41.7 Гидродинамика и теплообмен   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.В.ОД.2 Радиационная безопасность  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.В.ОД.6 Генерация пара   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.В.ОД.7 Тепловые схемы ядерных энергетических установок                      |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.В.ДВ.1.1 Механика жидкости и газа   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б1.В.ДВ.1.2 Механика сплошных сред   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | ФТД.1 Дополнительные главы по тепловым схемам ядерных энергетических установок |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | ФТД.2 Дополнительные главы по генерации пара                                   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|                 | Б3.Д.1 Подготовка и защита ВКР   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |         |

**3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП**  
 Профессиональные компетенции ОПК-1 и ПКС-3 формируются с приобретением знаний, умений и навыков, сформулированных в дескрипторах достижения этих компетенций и с которыми обучающийся готов выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 3).

**Таблица 3 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения**

| Код и наименование компетенции  | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |   |   | Оценочные средства  |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   | Знать:  | Уметь:  | Владеть:  | Текущего контроля   | Промежуточной аттестации                                |
| ОК-1. Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу.  | - состояние и направления развития;<br>- технологии и научно-технического прогресса преобразовании тепловой энергии   | -   | -   | Реферат; учебно-практическая работа, результаты опроса на лекциях и практических занятиях | Перечень контрольных вопросов к экзаменационным билетам |
| ПСК-1.18. Способность использовать фундаментальные законы естественнонаучных дисциплин для разработки теоретических и математических моделей в области физики, химии; ядерных, нейтронных, теплогидродинамических, тепломассобменных процессов, при проектировании объектов | - основные законы теплофизики и химии;<br>- математическое дифференцирование и интегрирование;<br>- основное энергетическое оборудование атомных электрических станций. | - выделять тепловые явления в энергетических установках атомных электрических станций;<br>- представлять и применять на практике полученные результаты УИР. | - навыками постановки задачи и разработки программы исследования теплофизических процессов;<br>- навыками представления и практического применения полученных результатов исследования. | Реферат; результаты опроса на лекциях и практических                                      | Перечень контрольных вопросов к экзаменационным билетам |

|                    |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|
| ядерной энергетики |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|

Освоение дисциплины причастно к освоению ТФ В/01.7 «Контроль обеспечения ядерной, радиационной, технической, пожарной безопасности, требований охраны труда при работе со свежими отработавшим ядерным топливом в процессе производства электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (ПС 24.028 «Специалист ядерно-физической лаборатории в области атомной энергетики»), решает следующие профессиональные задачи:

**Трудовые знания:**

- Типовые методики выполнения измерений, расчетов и технологических процессов.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (з.е.) или 108 академических часов, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 55 часов, самостоятельная работа обучающихся - 53 часа (таблица 4).

**Таблица 4 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ**

| Вид учебной работы                                     | Трудоёмкость в час |                     |
|--|--------------------|---------------------|
|  | Всего час.         | В т.ч. по семестрам |
| <b>Формат изучения дисциплины</b>                      |                    | 4                   |
| <b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>144</b>         | <b>144</b>          |
| <b>1. Контактная работа:</b>                           | <b>55</b>          | <b>55</b>           |
| <b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>            | <b>51</b>          | <b>51</b>           |
| Лекции (Л)   | 17                 | 17                  |
| практические занятия (ПЗ)                              | 34                 | 34                  |
| <b>1.2. Внеаудиторная, в том числе:</b>                | <b>4</b>           | <b>4</b>            |
| консультации по дисциплине                             | 4                  | 4                   |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>                 | <b>53</b>          | <b>53</b>           |
| <b>2. Контроль</b>                                     | <b>36</b>          | <b>36</b>           |

Дисциплина «Техническая термодинамика» состоит из лекций и практических занятий. Содержание дисциплины по видам работ приведено в таблице 3.

Таблица 5 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код ОПК; ПКС и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем                               | Виды учебной работы (час) |                          |                            |  | Вид СРС             | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) |  |  |  |  |
|--|--|---------------------------|--------------------------|----------------------------|--|---------------------|---|--|---|--|--|--|--|
|  |  | Контактная работа         |                          |                            | Самостоятельная работа студентов (час) |                     |   |  |   |  |  |  |  |
|  |  | Лекции, час               | Лабораторные работы, час | Консультации по дисциплине |  |                     |   |  |   |  |  |  |  |
| <b>4 семестр</b>   |  |                           |                          |                            |  |                     |   |  |   |  |  |  |  |
| ОК-1, ПСК-1  | Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики     | 1                         | 2                        | 0,5                        | 3                                      | п. 6 табл. 11 РПД   |   | -  |   |  |  |  |  |
|  | Тема 2. Первый закон термодинамики                       | 2                         | 4                        | 0,5                        | 10                                     | п. 5,7 табл. 11 РПД |   | -  |   |  |  |  |  |
|  | Тема 3. Исследование обратимых процессов идеального газа | 4                         | 8                        | 0,5                        | 10                                     | п. 1,5 табл. 11 РПД |   | -  |   |  |  |  |  |
|  | Тема 4. Второй закон термодинамики                       | 3                         | 6                        | 0,5                        | 10                                     | п. 4,6 табл. 11 РПД |   | -  |   |  |  |  |  |
|  | Тема 5. Реальные рабочие тела тепловых машин             | 4                         | 8                        | 1                          | 10                                     | п. 3,6 табл. 11 РПД |   | -  |   |  |  |  |  |
| ОК-1, ПСК-1  | Тема 6. Термодинамические циклы тепловых машин           | 3                         | 6                        | 1                          | 10                                     | п. 2,6 табл. 11 РПД |   | -  |   |  |  |  |  |
|  | Итого за 4 семестр                                       | 17                        | 34                       | 4                          | 53                                     |                     |   |  |   |  |  |  |  |
|  | <b>ИТОГО по дисциплине</b>                               | <b>108+36(контроль)</b>   |                          |                            |  |                     |   | -  |   |  |  |  |  |

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: проверка знаний по темам лекционных занятий, проверяется готовность к практическим занятиям, лабораторным работам.

Самостоятельная работа студентов предусматривает подготовку к лекционным занятиям, проработку и закрепление пройденного лекционного материала, работу с рекомендуемой литературой, а также подготовку к экзаменам.

Текущий контроль осуществляется на лекционных занятиях. По завершении изучения темы преподаватель проверяет степень ее усвоения в виде экспресс-опроса по 15 минут в конце занятия.

На практических занятиях обучающиеся закрепляют пройденный лекционный материал. Работа ведется в активной форме. Обучающий докладывает предложенную тему, затем начинается дискуссия между студентами и преподавателем, выполняются решение задач в интерактивном режиме. На практических занятиях преподаватель проверяет степень подготовленности обучающегося к решению задач по дисциплине.

Промежуточная аттестация осуществляется на экзамене в устной или письменной форме.

### **5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется **балльно-рейтинговая / традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации знаний.

При использовании традиционной системы контроля и оценки успеваемости студентов должны быть представлены критерии выставления оценок по пятибалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» либо «зачет», «незачет» (таблица 6).

Таблица 6

| Шкала оценивания | Экзамен             |
|------------------|---------------------|
| 85-100           | Отлично             |
| 70-84            | Хорошо              |
| 60-69            | Удовлетворительно   |
| 0-59             | Неудовлетворительно |

Критерии выставления оценок приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

| Критерии оценивания результатов обучения  |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Оценка<br>«неудовлетворительно»<br>0-59%<br>от max рейтинговой оценки<br>контроля   | Оценка<br>«удовлетворительно»<br>60-74%<br>от max рейтинговой оценки контроля   | Оценка<br>«хорошо»<br>75-89%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля  | Оценка<br>«отлично»<br>90-100%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля   |
| 3<br>Не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий. | 4<br>Способен применить знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. Допускает нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Имеются затруднения с выводами. Способен к решению конкретных практических задач из числа предусмотренных рабочей программой | 5<br>Способен логично мыслить, системно строит изложение материала, излагает его, не допуская существенных неточностей. Способен эффективно применять теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Допускает единичные ошибки в решении проблем. | 6<br>Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы. Способен легко ориентироваться при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятное решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. |

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Таблица 8. Список учебной литературы, печатных и электронных изданий

| № п/п | Автор(ы)                                      | Заглавие   | Издательство, год издания | Назначение, вид издания, гриф | Кол-во экз. в библиотеке |
|-------|---|--|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 1     | А.Г. Воеводин<br>А.В. Малахов                 | Исследование политропного процесса сжатия поршневого компрессора | <b>НГТК, 2018</b>         | Учебное пособие               | Электронный вариант      |
| 2     | Кудинов В.А.<br>Карташов ЭМ<br>Стефанюк Е.В.  | Техническая термодинамика и теплопередача                        | М.: Изд-во Юрайт, 2013    | учебник                       | 22                       |
| 3     | Малахов А.В.                                  | Курс лекций по технической термодинамике, Ч1                     | Н.Новгород, НГТУ, 2013.   | учебное пособие               | 52                       |
| 4     | Барилович В.А.                                | Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена   | М.: Инфра-М, 2015         | Учебное пособие               | 1                        |
| 5     | Кириллин В.А.,<br>Сычев В.В.,<br>Шейндин А.Е. | Техническая термодинамика  | М.: Изд.дом МЭИ, 2008     | Учебник                       | 20                       |
| 6     | Ерофеев В.Л.                                  | Теплотехника   | М.: Академкнига, 2008     | учебник                       | 35                       |
| 7     | Будаков В.П.                                  | Термодинамика  | М.: Дрофа, 2009           | Учебное пособие               | 2                        |

### 6.2. Справочно-библиографическая литература

Таблица 9

| № п/п | Библиотечный номер | Автор(ы), заглавие  | Издательство, год издания | Назначение, вид издания, гриф  | Кол-во экз. в библиотеке |
|-------|--------------------|---|---------------------------|--|--------------------------|
| 1     |                    | Малахов В.А., Локтев А.В., Рамс Э.Э, Зимина Т.Н. Исследование идеальных циклов тепловых двигателей внутреннего сгорания | Н.Новгород, НГТУ, 2009.   | Методические указания к выполнению расчетно-графической работы                   | 71 + на кафедре          |
| 2     |                    | Зимина Т.Н. Техническая термодинамика   | Н.Новгород, НГТУ, 2010.   | Учебное пособие для студентов энергетических и машиностроительных специальностей | 10 + на кафедре          |

### **6.3. Интернет ресурсы**

При написании реферата и во время подготовки к экзамену используются Интернет - ресурсы в поисковой системе yandex, а также:  
<http://www.sokolplant.ru/> - сайт авиастроительного завода «Сокол»;  
<http://www.vonovke.ru/> - сайт «Вся авиация». От сверхлегких самолетов до бизнес-джетов»;  
<http://www.irkut.com/ru/> - сайт Иркутского авиастроительного завода.

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Во время выполнения написания реферата, подготовки к занятиям используются: Интернет - ресурсы в поисковой системе yandex, а также:

Научная электронная библиотека e-LIBRARY.ru: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

Научно-техническая библиотека НГТУ:

- Электронный адрес: <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/index.html> ;
- Электронный каталог книг: <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/index.html> ;
- Электронный каталог периодических изданий: <https://www.nntu.ru/content/nauka/resursy>

Информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки ЭКБСОН: <http://www.vlibrary.ru> .

Электронные библиотечные системы:

- - ЭБС «Консультант студента» (Электронная библиотека технического ВУЗа): <http://www.studentlibrary.ru> ;
  - ЭБС Лань <https://e.lanbook.com/> ;
  - ЭБС Юрайт <https://biblio-online.ru/> .

Центр дистанционных образовательных технологий НГТУ

- Электронная библиотека: <http://cdot-nntu.ru/wp/электронный-каталог/>

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ**

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

| № | Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|---|--|---|
| 1 | ЭБС «Консультант студента»   | Озвучка книг и увеличение шрифта  |
| 2 | ЭБС «Лань»   | Специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации  |
| 3 | ЭБС «Юрайт»  | Версия для слабовидящих   |

Адаптированные образовательные программы (АОП) в образовательной организации не реализуются в связи с отсутствием в контингенте обучающихся лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), желающих обучаться по АОП. Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Занятия по дисциплине «Техническая термодинамика» проводятся в помещениях НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены всем необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы специалитета, включает в себя аудиторию 5125 вычислительного центра, оснащенную необходимым оборудованием, техническими и электронными средствами обучения и контроля знаний студентов: 12 рабочих места, оборудованных:

- PC AMD Athlon 64 X2 DualCoreProcessor5000+ 2,60 GHz/4 Gb RAM/ATI Radeon 1250/HDD 250Gb/DVD-ROM;
- монитор 15".

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации» – 5125.

1. Лекционные занятия – 5125:

- комплект электронных презентаций/слайдов;
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук); и т.п.

2. Практические занятия (5125):

- презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук,) техническими и электронными средствами обучения и контроля знаний студентов: 12 рабочих места, оборудованных:

- PC AMD Athlon 64 X2 DualCoreProcessor5000+ 2,60 GHz/4 Gb RAM/ATI Radeon 1250/HDD 250Gb/DVD-ROM; монитор 18"; Microsoft Office 2007 стандартный (Word, Power Point, Access, Excel);

- пакеты ПО общего назначения:

- Windows XP SP2;
- Гарант;
- Visual Studio 2008;
- MathCad 14.0 Professional;
- 7-zip;
- Adobe Reader 11;
- Adobe Flash Player 10;
- Dr.web;
- MSC Software;
- Deductor Academic.

рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде и т.п.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При необходимости, изучение дисциплины может быть организовано без непосредственного нахождения обучающегося на рабочем месте в вузе (дистанционная форма).

Для организации дистанционной работы направляется студентам ссылка для подключения.

При осуществлении образовательного процесса могут использоваться следующие дистанционные образовательные технологии:

- веб-конференции (для проведения консультаций);
- Skype, Zoom (для консультаций, текущего контроля);
- обмен документами и материалами через электронную почту или другие мессенджеры.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине преподаватель может применять балльно-рейтинговую систему контроля и оценку успеваемости студентов.

### **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа**

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

#### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (таблица 10). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

### **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая:

- оценку вовлечённости студентов в групповое обсуждение на практических и лекционных занятиях;
- оценка степени усвоенности лекционного материала по правильности решения задач обучающимся.

#### **11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

Текущий контроль осуществляется в форме устного собеседования.

## **Перечень вопросов:**

### **1. Контрольные вопросы по термодинамике**

1. Рабочее тело. Термодинамическая система. Термодинамическое состояние. Параметры состояния. Термодинамические процессы: обратимые и необратимые. Энергия, работа, теплота.
2. Уравнение состояния идеального газа. Газовые постоянные. Р-В - диаграмма и ее свойства.
3. Первый закон термодинамики в условиях закрытой термодинамической системы. Работа расширения. Внутренняя энергия.
4. Первый закон термодинамики в условиях открытой расширенной термодинамической системы. Располагаемая работа. Энталпия.
5. Обратимые термодинамические процессы в идеальном газе: изохорный процесс. (уравнение процесса, работа и теплота процесса, изменение энтропии, изображение в р-в и Т-с диаграммах).
6. Обратимые термодинамические процессы в идеальном газе: изобарный процесс (уравнение процесса, работа и теплота процесса, изменение энтропии, изображение в р-в и Т-с диаграммах).
7. Обратимые термодинамические процессы в идеальном газе: изотермический процесс (уравнение процесса, работа и теплота процесса, изменение энтропии, изображение в р-в и Т-с диаграммах).
8. Обратимые термодинамические процессы в идеальном газе: адиабатный процесс (уравнение процесса, работа и теплота процесса, изменение энтропии, изображение в р-в и Т-с диаграммах).
9. Обратимые термодинамические процессы в идеальном газе: политропный процесс. Классификация политропных процессов.
10. Термодинамические процессы в идеальном поршневом компрессоре. Сравнение изотермического, адиабатного и политропного процессов сжатия.
11. Базисные формулировки второго закона. Прямые и обратные циклы.
12. Прямой обратимый цикл Карно, его свойства.
13. Обратный обратимый цикл Карно, его свойства.
14. Обратимый регенеративный цикл. Принцип регенерации теплоты.
15. Общая математическая характеристика обратимых процессов.
16. Эксергия термодинамической системы. Энталпийный и энтропийный компоненты эксергии. Уравнения эксергетического баланса для обратимых процессов.
17. Математическая характеристика необратимых термодинамических процессов. Уравнение эксергетического баланса при необратимых процессах.
18. Теплофизические свойства воды и пара. Определение внутренней энергии и энталпии воды и пара. Удельная теплота парообразования... Т-с и i-s - диаграммы водяного пара.
19. Дросселирование газов и паров. Температурный дроссельный эффект в идеальных и реальных газах. Температура инверсии.
20. Сопла и диффузоры (назначение и принцип действия). Термодинамические процессы в соплах и диффузорах. Определение скорости истечения и массового расхода через сопло.
21. Выбор формы канала сопла. Критическое отношение давлений. Анализ расчетных и нерасчетных режимов работы сопел.
22. Идеальный цикл паротурбинной установки (цикл Ренкина): работа, термический КПД, графическое изображение в р-в и Т-с диаграммах.
23. Явления необратимости в ПТУ, пути повышения термического КПД ПТУ.
24. Сложные циклы ПТУ: цикл с промежуточным перегревом пара.  
Сложные циклы ПТУ: регенеративный цикл.
25. Идеальный цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении: работа, термический КПД и пути его повышения.
26. Оценка эффективности работы реальной ГТУ, пути повышения ее эффективного КПД.

27. Сложные циклы ГТУ: регенеративный цикл.
28. Сложные циклы ГТУ: цикл с промежуточным охлаждением рабочего тела в компрессоре.
29. Сложные циклы ГТУ: цикл с промежуточным подогревом рабочего тела в турбине.
30. Термодинамический цикл воздушно-компрессионной холодильной машины. Холодильный коэффициент ВКХМ и сравнение его с холодильным коэффициентом цикла Карно.
31. Термодинамический цикл паро-компрессионной холодильной машины. Холодильный коэффициент ПКХМ и пути его повышения.
32. Абсорбционная холодильная установка.

**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на рабочую программу дисциплины «Техническая термодинамика»**  
**ОП ВО по направлению 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы», направленность**  
**(специализация) «Ядерные реакторы»**  
**(квалификация выпускника – специалист, инженер-физик)**

Грамузовым Евгением Михайловичем, профессором кафедры «Кораблестроение и авиационная техника» НГТУ им. Р.Е.Алексеева, д.т.н. (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Техническая термодинамика» ОП ВО по направлению 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы», направленность «Ядерные реакторы» (квалификация выпускника – специалист, инженер-физик), разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Энергетические установки и тепловые двигатели» (разработчик – Воеводин А.Г., доцент, к.т.н.).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Программа соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к базовой части учебного цикла – Б1.Б.30.

Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы».

В соответствии с Программой за дисциплиной «Техническая термодинамика» закреплены две **компетенции** (ОПК-1 и ПКС-7). Дисциплина и представленная Программа способны реализовать её в объявленных требованиях.

**Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

Общая трудоёмкость дисциплины «Техническая термодинамика» составляет 3 зачётных единицы (108 часов). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Техническая термодинамика» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы».

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемых при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы».

Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (устный опрос в форме обсуждения отдельных вопросов, участие в тестировании, работа над домашним заданием и аудиторных заданиях), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачёта, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы».

Нормы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 7 источников (базовый учебник), дополнительной литературой – 3 наименований, справочно-библиографической и научной литературой – 8 источников со ссылкой на электронные ресурсы,

Интернет-ресурсы – 3 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы».

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Техническая термодинамика» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и преподавателям по организации обучения дают представление о специфике обучения по дисциплине «Техническая термодинамика».

## **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Техническая термодинамика» ОПОП ВО по направлению 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы», направленность «Ядерные реакторы» (квалификация выпускника – специалист, инженер-физик), разработанная Воеводиным А.Г., доцентом, к.т.н., соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент:

Грамузов Е.М., профессор,  
кафедра «Кораблестроение и авиационная техника»  
НГТУ им. Р.Е.Алексеева, д.т.н.

УТВЕРЖДАЮ:

## Директор ИЯЭ и ТФ

Хробостов А.Е.  
подпись ФИО  
« » 202 г.

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

« \_\_\_\_\_ »  
индекс по учебному плану, наименование

## для подготовки специалистов

## Направление подготовки: 14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы»

## Специализация: Ядерные реакторы

### Форма обучения: очная

Год начала подготовки:

Kypc

## Семестр

а) В рабочую программу не вносятся изменения.

Программа актуализирована для 20 г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

Разработчик (и): \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание) « » 202 Г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«Ядерные реакторы и энергетические установки» протокол № « » 202 г.

Заведующий кафедрой  
«Ядерные реакторы и энергетические установки»      «  »      202 г.

## Лист актуализации принят на хранение:

### Заведующий выпускающей кафедрой

«Ядерные реакторы и энергетические установки»      «  »      202 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ « » 202 г.