

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШЭ

Матвеев А.С.

«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИЕМ 2018 г.**

**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

**Турбины тепловых и атомных электрических станций**

|                                                         |                                                 |            |               |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|---------------|
| Направление подготовки/<br>специальность                | <b>13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника</b>  |            |               |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | <b>Инженерия теплоэнергетики и теплотехники</b> |            |               |
| Специализация                                           | <b>Тепловые электрические станции</b>           |            |               |
| Уровень образования                                     | высшее образование - бакалавриат                |            |               |
| Курс                                                    | <b>4,5</b>                                      | семестр    | <b>8,9,10</b> |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | <b>12</b>                                       |            |               |
| Виды учебной деятельности                               | Временной ресурс                                |            |               |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                       | Лекции                                          | <b>26</b>  |               |
|                                                         | Практические занятия                            | <b>24</b>  |               |
|                                                         | Лабораторные занятия                            | <b>18</b>  |               |
|                                                         | <b>ВСЕГО</b>                                    | <b>68</b>  |               |
| Самостоятельная работа, ч                               |                                                 | <b>364</b> |               |
| <b>ИТОГО, ч</b>                                         |                                                 | <b>432</b> |               |

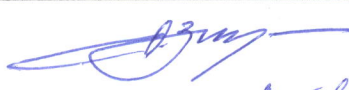
Вид промежуточной аттестации

**Экз.,  
зачет, ДЗ,  
КП**

Обеспечивающее  
подразделение

**НОЦ И.Н.  
Бутакова**

Заведующий кафедрой -  
руководитель НОЦ И.Н. Бутакова  
на правах кафедры  
Руководитель ООП  
Преподаватель

|                                                                                      |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | <b>Заворин А.С.</b>  |
|  | <b>Антонова А.М.</b> |
|                                                                                      | <b>Шевелев С.А.</b>  |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                                         | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                  |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                         | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                                                      | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                     |
| ПК(У)-5         | Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций | И.ПК(У)-5.1                       | Применяет при конструировании знание закономерностей процессов, происходящих в паровых котлах, паровых и газовых турбинах, тепломеханическом оборудовании и ТЭС в целом | ПК(У)-5.1В1                                                 | Владеет опытом использования основных законов и уравнений процессов, происходящих в теплоэнергетических установках                                               |
|                 |                                                                                                         |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-5.1У1                                                 | Умеет использовать основные законы и уравнения процессов, происходящих в оборудовании ТЭС                                                                        |
|                 |                                                                                                         |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-5.1З1                                                 | Знает закономерности процессов, происходящих в оборудовании ТЭС и электростанции в целом                                                                         |
|                 |                                                                                                         | И.ПК(У)-5.2                       | Выполняет технические расчеты элементов оборудования и ТЭС в целом                                                                                                      | ПК(У)-5.2В1                                                 | Владеет опытом постановки задачи, проведения расчетов тепловых схем и оборудования ТЭС и анализа результатов                                                     |
|                 |                                                                                                         |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-5.2У1                                                 | Умеет делать постановку задачи, рассчитывать тепловые схемы и элементы оборудования ТЭС и анализировать результаты                                               |
|                 |                                                                                                         |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-5.2З1                                                 | Знает принципы постановки задачи, методики и алгоритмы расчетов ТЭС и ее оборудования (паровых котлов, паровых и газовых турбин тепломеханического оборудования) |
|                 |                                                                                                         | И.ПК(У)-5.3                       | Принимает и обосновывает конкретные технические решения при разработке основного оборудования ТЭС (паровые котлы, паровые и газовые турбины)                            | ПК(У)-5.3В1                                                 | Владеет опытом обоснования проектных решений при разработке оборудования ТЭС (паровые котлы, паровые турбины) с учетом условий работы                            |
|                 |                                                                                                         |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-5.3У1                                                 | Умеет обосновывать проектные решения при разработке оборудования ТЭС (паровые котлы, паровые и газовые турбины) с учетом условий работы                          |
|                 |                                                                                                         |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-5.3З1                                                 | Знает критерии выбора проектных решений при создании ТЭС и их оборудования с учетом условий работы                                                               |
|                 |                                                                                                         | И.ПК(У)-5.4                       | Учитывает влияние условий работы оборудования ТЭС на принимаемые конструктивные решения.                                                                                | ПК(У)-5.4В1                                                 | Владеет опытом учета условий работы оборудования ТЭС при обосновании проектных решений                                                                           |
|                 |                                                                                                         |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-5.4У1                                                 | Умеет объяснять влияние условий работы оборудования ТЭС на принимаемые конструктивные решения                                                                    |
|                 |                                                                                                         |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-5.4З1                                                 | Знает влияние условий работы оборудования ТЭС на принимаемые конструктивные решения                                                                              |

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                                                                     | Индикатор достижения компетенции |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                        |                                  |
| РД1                                           | Использовать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при постановке и решении задач анализа работы турбин тепловых и атомных электростанций | ПК(У)-5                          |

|     |                                                                                                                                                      |         |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| РД2 | Разрабатывать математические модели процессов в турбинах и турбинных ступенях, обосновывать конструкторские решения элементов и узлов паровых турбин | ПК(У)-5 |
| РД3 | Иметь первичные навыки проектирования паровой турбины, ее деталей и узлов                                                                            | ПК(У)-5 |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины                                          | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Общие сведения о турбине и турбинной установке    | РД1                                          | Лекции                    | 6                 |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | 0                 |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | 0                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| Раздел 2. Тепловой процесс турбинной ступени                | РД1, РД2, РД3                                | Лекции                    | 42                |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | 28                |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | 10                |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | 110               |
| Раздел 3. Многоступенчатые паровые турбины                  | РД2                                          | Лекции                    | 12                |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | 10                |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | 38                |
| Раздел 4. Работа турбин при переменных режимах              | РД1, РД2                                     | Лекции                    | 10                |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | 7                 |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | 5                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | 36                |
| Раздел 5. Турбины для комбинированного производства энергии | РД2, РД3                                     | Лекции                    | 6                 |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | 6                 |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | 0                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| Раздел 6. Основы регулирования паровых турбин               | РД2                                          | Лекции                    | 8                 |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | 0                 |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | 0                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | 30                |
| Раздел 7. Конденсационные устройства паровых турбин         | РД1                                          | Лекции                    | 8                 |
|                                                             |                                              | Практические занятия      | 6                 |
|                                                             |                                              | Лабораторные занятия      | 0                 |
|                                                             |                                              | Самостоятельная работа    | 30                |

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Общие сведения о турбине и турбинной установке**

Предмет и задачи курса. Современное состояние теплоэнергетики и перспективы ее развития. Роль паро- и газотурбинных установок в энергетике и других отраслях. История развития турбостроения. Принцип работы турбинного двигателя. Типовая конструкция паровой турбины, ее основные узлы.

**Темы лекций:**

1. Введение. Постановка задачи исследования дисциплины. История развития турбостроения. Основы устройства современных паровых турбин.
2. Схема и цикл простейшей паротурбинной установки. Мощности и КПД турбины и турбинной установки.

##### **Раздел 2. Тепловой процесс турбинной ступени**

Основные уравнения потока для сжимаемой жидкости: состояния, неразрывности,

количества движения, сохранения энергии. Понятие плоскопараллельного и пространственного течения. Параметры полного торможения. Конфузорное и диффузорное течение потока. Критические параметры потока. Суживающиеся и расширяющиеся каналы. Формы каналов турбинных решеток, отклонение потока в косом срезе. Потери профильные, концевые, волновые, от нестационарности потока. Коэффициент потери энергии в решетке, коэффициент расхода. Степень реактивности ступени. Треугольники скоростей. Усилие на рабочих лопатках ступени. Относительный КПД на лопатках ступени и факторы, его определяющие. Безразмерное отношение скоростей как критерий экономичности ступени и его оптимальное значение. Оптимальный располагаемый теплоперепад ступени. Ступени с длинными лопатками, методы профилирования лопаток. Дополнительные потери в ступени и относительный лопаточный КПД. Ступени скорости.

#### **Темы лекций:**

3. Течение газа в каналах турбинных ступеней. Основные уравнения движения сжимаемой жидкости.
4. Характеристики потока при изэнтропийном расширении газа в каналах. Отношение давлений на канал. Критические параметры потока,
5. Реальное течение газа в каналах.
6. Геометрические и газодинамические характеристики турбинных решеток.
7. Потери профильные, концевые, волновые.
8. Обобщенные газодинамические характеристики решеток. Расширение потока в косом срезе турбинных решеток.
9. Степень реактивности ступени. Треугольники скоростей ступени.
10. Усилие, действующее на рабочие лопатки.
11. Относительный лопаточный КПД ступени. Безразмерное отношение скоростей как критерий экономичности ступени и его оптимальное значение. Оптимальный располагаемый теплоперепад ступени.
12. Ступени скорости. Определение геометрических размеров турбинных ступеней.
13. Ступени с длинными лопатками. Упрощенное уравнение радиального равновесия. Методы профилирования лопаток турбинной ступени.
14. Относительный внутренний КПД ступени. Дополнительные потери в ступени.

#### **Темы практических занятий:**

1. Расчет теоретического процесса расширения в суживающихся соплах.
2. Расчет теоретического процесса расширения в расширяющихся соплах.
3. Расчет действительного процесса расширения в суживающихся соплах.
4. Расчет действительного процесса расширения в расширяющихся соплах.
5. Геометрические характеристики турбинных решеток с цилиндрическим бандажом.
6. Геометрические характеристики турбинных решеток с коническим бандажом.
7. Тепловой расчет турбинной ступени.
8. Расчет оптимального безразмерного отношения скоростей турбинной ступени.
9. Определение геометрических размеров ступени. Часть 1.
10. Определение геометрических размеров ступени. Часть 2
11. Профилирование лопаток турбинных ступеней. Часть 1.
12. Профилирование лопаток турбинных ступеней. Часть 2.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 1: роторы.
2. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 2: диски.
3. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 3: лопатки.
4. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 4: лопатки.

5. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 5: корпуса.
6. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 6: муфты.
7. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 7: валоповоротное устройство.
8. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 8: подшипники.
9. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 9: клапаны.
10. Исследование характеристик турбинной ступени.

### **Раздел 3. Многоступенчатые паровые турбины**

Схема устройства активной и реактивной турбины. Основные преимущества многоступенчатых турбин. Использование потери с выходной скоростью в ступенях. Коэффициент возврата тепла. Понятие регулирующих и не регулируемых ступеней. Основы выбора конструкции турбин. Деление ступеней конденсационных турбин на группы. Предельная и единичная максимальная мощность турбины. Способы увеличения предельной мощности. Концевые уплотнения турбин. Схема отвода и подвода пара в уплотнении. Типы концевых уплотнений. Расчетная мощность турбины. Выбор теплоперепада и типа регулирующей ступени. Предварительная оценка размеров первой и последней нерегулируемых ступеней. Определение числа ступеней и распределение теплоперепада между ними. Особенности расчета ступеней отдельных групп конденсационных турбин. Ступени большой веерности. Выбор частоты вращения, числа валов и цилиндров турбины. Осевые усилия в турбинах и способы их уравнивания

#### **Темы лекций:**

15. Преимущества и недостатки многоступенчатых турбин. Коэффициент возврата теплоты.
16. Осевые усилия, действующие на ротор турбины и методы их уравнивания. Концевые уплотнения паровых турбин.
17. Основы конструирования проточной части многоступенчатых турбин. Определение числа ступеней и распределение теплоперепадов по ступеням турбины.
18. Предельная мощность турбины. Способы получения мощности турбины выше предельной.

#### **Темы практических занятий:**

13. Предельная мощность однопоточной турбины.
14. Определение структурной схемы турбины.
15. Определение числа ступеней паровой турбины.

#### **Названия лабораторных работ:**

11. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 10: влагоудаление.
12. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 11: опорные подшипники.
13. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 12: упорные подшипники.
14. Изучение конструкций паровых турбин. Часть 13: уплотнения.

### **Раздел 4. Работа турбин при переменных режимах**

Понятие переменного (нерасчетного) режима. Переменный режим суживающихся и расширяющихся решеток. Сетка относительных расходов. Предельное отношение давлений для расширяющейся решетки. Изменение степени реакции и расхода пара через ступень. Распределение давлений и теплоперепадов в ступенях турбины при изменении режима работы. Влияние отклонения начального давления пара при разных системах парораспределения. Изменение экономичности и надежности. КПД ступени при изменении режима ее работы. Детальный расчет переменного режима работы ступени. Приближенные методы расчета.

#### **Темы лекций:**

19. Работа турбины при переменном режиме. Детальный расчет проточной части турбины на переменный режим.

20. Детальный расчет проточной части турбины на переменный режим.
21. Распределение давлений и теплоперепадов по ступеням турбины при переменном расходе пара. Изменение КПД в переменном режиме.
22. Тепловой процесс турбины при переменном пропуске пара и различных системах парораспределения: дроссельной, сопловой, обводной.

**Темы практических занятий:**

16. Расчет переменного режима турбинной ступени.
17. Расчет переменного режима работы турбины с дроссельной системой парораспределения.
18. Расчет переменного режима работы турбины с сопловой системой парораспределения

**Названия лабораторных работ:**

15. Исследование сопловой системы парораспределения паровой турбины. Часть 1.
16. Исследование сопловой системы парораспределения паровой турбины. Часть 2.
17. Исследование сопловой системы парораспределения паровой турбины. Часть 3.

|                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 5. Турбины для комбинированного производства энергии</b> |
|--------------------------------------------------------------------|

Турбины с противодавлением и условия их применения. Связь между противодавлением и нагрузкой турбины. Особенности конструктивного оформления. Турбины с промежуточными регулируемым отборами пара. Процессы расширения пара в  $h$ -с- диаграмме. Диаграммы режимов. Конструктивное оформление турбин. Поворотные диаграммы. Турбины с двухступенчатым отопительным отбором пара. Диаграмма режимов. Конструкции теплофикационных турбин.

**Темы лекций:**

23. Противодавленческие турбины.
24. Турбины с одним регулируемым отбором, турбины с двумя регулируемым отборами.

**Темы практических занятий:**

19. Особенности расчета проточной части противодавленческих турбин.
20. Особенности расчета проточной части турбин с регулируемым отборами пара.

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 6. Основы регулирования паровых турбин</b> |
|------------------------------------------------------|

Задачи регулирования турбин. Уравнение моментов турбогенератора. Условие постоянства частоты вращения. Статистическая характеристика системы регулирования. Диаграмма Щегляева. Степень неравномерности и нечувствительности. Рациональная форма статической характеристики. Работа регулирования при параллельном включении генераторов. Основы статического проектирования регулирования. Переходные процессы регулирования турбин. Особенности регулирования теплофикационных турбин. Поворотные диафрагмы. Задачи и виды защит паровых турбин. Защита от повышения скорости вращения. Реле осевого сдвига. Предохранительные и обратные клапаны. Стопорные и отсеченные клапаны. Сервомоторы клапанов.

**Темы лекций:**

25. Саморегулирование турбогенератора. Статическая характеристика системы регулирования. Диаграмма Щегляева. Схема регулирования с однократным усилением.
26. Нечувствительность системы регулирования. Механизм управления турбиной. Параллельная работа турбогенераторов в энергосистеме. Регулирование турбин с регулируемым отбором пара. Системы защиты турбины.

## **Раздел 7. Конденсационные устройства паровых турбин**

Назначение конденсационных устройств. Схема конденсационной установки и ее элементы. Типы конденсаторов. Конструкция поверхностного конденсатора. Воздухоотсасывающие устройства. Температура конденсата и его переохлаждение. Характеристика пароструйного эжектора. Общий порядок теплового расчета конденсатора. Тепловой баланс конденсатора. Выбор кратности охлаждения и скорости движения воды в трубках. Расчет поверхности охлаждения, числа ходов воды, числа трубок и их длины, размеров трубной доски.

### **Темы лекций:**

27. Состав и назначение элементов конденсационной установки паровой турбины. Факторы, определяющие давление в конденсаторе.

28. Переохлаждение конденсата. Эжектор, многоступенчатый эжектор. Паровые и водоструйные эжекторы.

### **Темы практических занятий:**

21. Расчет водяного конденсатора паровой турбины.

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом; (сократить – оставить только «Выполнение курсового проекта»)
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к зачету, экзамену.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **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, 2016. Схема доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010259.html>.
2. Ляшков, Василий Игнатьевич. Тепловые двигатели и нагнетатели : учебное пособие / В. И. Ляшков. — Москва: Абрис, 2012. — 167 с.: ил.. — Библиогр.: с. 166.. — ISBN 978-5-4372-0008-7.  
URL: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C225582>
3. Щегляев, Андрей Владимирович. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин учебник: в 2 кн.: / А. В. Щегляев . – 7-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: АТП, Кн. 1 . – 2015. – 384 с.: ил.  
URL: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C311994>

4. Щегляев, Андрей Владимирович. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин учебник: в 2 кн.: / А. В. Щегляев . – 7-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: АТП, Кн. 2 . – 2015. – 416 с.: ил.  
URL: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C311997>
5. Атомные электростанции [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. М. Антонова, А. В. Воробьёв; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2-е изд., перераб. и доп.. – 1 компьютерный файл (pdf; 3.9 MB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из сети НТБ ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext3/m/2010/m43.pdf>

#### **Дополнительная литература**

1. Газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом на магистральных газопроводах : учебное пособие / Б. П. Поршаков [и др.]; Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина (РГУ Нефти и Газа). — Москва: Недра, 2010. — 246 с.: ил.. — Библиогр.: с. 244-245.. — ISBN 978-5-8365-0358-1.
2. Чумаков, Юрий Александрович. Теория и расчет транспортных газотурбинных двигателей : учебник / Ю. А. Чумаков. — Москва: Форум Инфра-М, 2012. — 448 с.: ил.. — Высшее образование. — Библиогр.: с. 441-442.. — ISBN 978-5-91134-673-7. — ISBN 978-5-16-006055-2.
3. Трухний, А.Д.. Парогазовые установки электростанций : учебник / Трухний А.Д.. — Москва: МЭИ, 2017. — 675 с.. — ISBN 978-5-383-01057-0. Схема доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010570.html>

#### *Журналы*

«Теплоэнергетика».  
«Газотурбинные технологии».  
«Электрические станции».  
«Энергохозяйство за рубежом»;  
«Известия вузов», серия: Энергетика;  
«Мировая энергетика»;  
«Энергобезопасность и энергосбережение»;  
«Теплоэнергетика» – реферативный журнал;  
International Journal of Heat and Mass Transfer;  
International Journal of Heat and Fluid Flow;  
International Journal of Thermal Sciences;  
Experimental Thermal and Fluid Science;  
Applied Energy;  
Energy and Buildings;  
Energy Conversion and Management;  
International Journal of Engineering Science;  
Energy;  
Applied Thermal Engineering;

## **6.2. Информационное и программное обеспечение**

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Сайт специальности «Тепловые электрические станции»  
<http://www.03-ts.ru/>;
2. WebCT – Тепловые электрические станции  
<http://e-le.lcg.tpu.ru/webct/public/home.pl>;



3. Бесплатная электронная библиотека Ивановского государственного энергетического университета  
<http://www.library.ispu.ru/elektronnaya-biblioteka;>
4. Крупнейшая бесплатная электронная интернет библиотека для "технически умных" людей [http://www.tehlit.ru/;](http://www.tehlit.ru/)
5. Электронная Энциклопедия Энергетики  
<http://twi.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/trenager.htm;>
6. Сайт кафедры ТЭС, Новосибирский государственный технический университет  
[http://tes.power.nstu.ru/.](http://tes.power.nstu.ru/)

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Презентации лекций в среде PowerPoint.
2. Компьютерные программы:
3. Программа исследования турбинной ступени;
4. программа определения термодинамических и теплофизических параметров воды и водяного пара;
5. «regress» – программа регрессионного анализа для обработки результатов эксперимента;
6. WaterSteamPro – программа теплофизических и термодинамических свойств рабочего тела;
7. «TABL1», «TFS», «TFM» – для расчета свойств теплоносителей.
8. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
9. Document Foundation LibreOffice;
10. Cisco Webex Meetings\$
11. Zoom Zoom.

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                            | Наименование оборудования                                                                                                                 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 38                      | Крепление для проектора Perless PRG-UNV - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.;<br>Проектор - 1 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 301                     | Доска аудиторная поворотная - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.;<br>Проектор - 1 шт.             |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 302                     | Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.;<br>Проектор - 1 шт.                                                     |
| 4. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс)<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 32 | Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест; Компьютер - 20 шт.;<br>Проектор - 1 шт.                                                    |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной

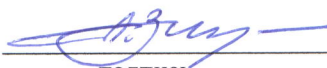
программы по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» специализация «Тепловые электрические станции» (приема 2018 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность                           | Подпись                                                                           | ФИО          |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Ст. преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова |  | С.А. Шевелев |

Программа одобрена на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол № 11 от 19.06.2018 г.).

Заведующий кафедрой – руководитель НОЦ И.Н. Бутакова  
на правах кафедры  
д.т.н., профессор

 /А.С. Заворин/  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год                 | Содержание /изменение                                                                                                                                | Обсуждено на заседании НОЦ<br>И.Н. Бутакова (протокол) |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 2019/2020<br>уч. год        | Внесены изменения в раздел Учебно-методическое, информационное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины               | протокол № 29 от<br>30.05.2019                         |
| 2020/2021<br>учебный<br>год | Изменена форма документов основных образовательных программ, в том числе УМК дисциплин                                                               | Приказ по ТПУ<br>№127-7/об от<br>06.05.2020            |
| 2020/2021<br>учебный<br>год | Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины | № 44 от 26.06.2020 г.                                  |