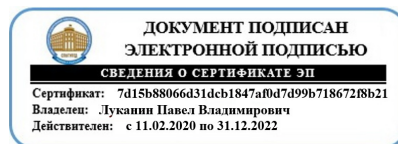


УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.03.01** Паротурбинные установки тепловых и атомных электростанций

Учебный план: ФГОС3++m130401-1\_19-12.plx

Кафедра: **21** Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:  
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Технология производства электрической и тепловой энергии  
(специализация)

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа обучающихся |                | Сам. работа | Контроль, час. | Трудоёмкость, ЗЕТ | Форма промежуточной аттестации |
|---------------------------|-----|-------------------------------|----------------|-------------|----------------|-------------------|--------------------------------|
|                           |     | Лекции                        | Практ. занятия |             |                |                   |                                |
| 4                         | УП  | 24                            | 12             | 35,75       | 0,25           | 2                 | Зачет                          |
|                           | РПД | 24                            | 12             | 35,75       | 0,25           | 2                 |                                |
| Итого                     | УП  | 24                            | 12             | 35,75       | 0,25           | 2                 |                                |
|                           | РПД | 24                            | 12             | 35,75       | 0,25           | 2                 |                                |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 146

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

\_\_\_\_\_

Злобин В.Г.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и  
тепловых двигателей

\_\_\_\_\_

Коновалов П.Н.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Коновалов П.Н.

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области теплоэнергетики и теплотехники, связанной с разработкой проектных решений по модернизации, улучшению эксплуатационных характеристик паротурбинных установок (ПТУ) тепловых и атомных электростанций; с техническими расчетами по оценке эффективности принятых проектных решений, по определению, с использованием прикладного программного обеспечения, параметров паротурбинных установок с целью выбора серийных и для создания новых установок.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть мероприятия по улучшению эксплуатационных характеристик ПТУ ТЭС и АЭС.
- Усвоить основные направления разработки проектных решений по модернизации ПТУ ТЭС и АЭС.
- Продемонстрировать алгоритм теплового расчета ПТУ ТЭС и АЭС, с использованием прикладного программного обеспечения, для определения её параметров, выбора серийной установки и разработки новой.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новые знания и умения.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Парогазовые энергетические установки в производстве электрической и тепловой энергии

Котельное оборудование тепловых электростанций

Теплотехнологическое оборудование промышленных предприятий

Энергетические установки высокой эффективности в производстве электрической и тепловой энергии

Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| <b>ПКп-4.2: Готов к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонту и модернизации оборудования при производстве тепловой и электрической энергии</b>                                                                                                      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Знать:</b> принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности элементов и узлов паровых турбин; методы расчетов элементов, узлов и всего турбоагрегата в целом; основные направления научно-технического прогресса в использовании турбин ТЭС и АЭС. |  |
| <b>Уметь:</b> оценивать техническое состояние паротурбинных установок, прогнозировать надежность его работы.                                                                                                                                                                  |  |
| <b>Владеть:</b> навыками составления инструкций по эксплуатации оборудования и программ его испытаний.                                                                                                                                                                        |  |

## 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий                                                                                                                                                                                                                            | Семестр<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа |               | СР<br>(часы) | Инновац.<br>формы<br>занятий | Форма<br>текущего<br>контроля |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                           | Лек.<br>(часы)    | Пр.<br>(часы) |              |                              |                               |
| Раздел 1. Тепловые схемы ПТУ ТЭС и АЭС.                                                                                                                                                                                                                                              | 4                         |                   |               |              |                              | РГР,О                         |
| Тема 1. Тепловые схемы современных ПТУ ТЭС.<br>Место ПТУ в стационарной энергетике. Классификация ПТУ. Основное и вспомогательное оборудование ПТУ. Тепловые схемы ПТУ с конденсационными турбинами. Тепловые схемы ПТУ с противодавленческими турбинами. Расчет тепловой схемы ПТУ. |                           | 4                 | 2             | 6            |                              |                               |
| Тема 2. Тепловые схемы ПТУ АЭС.<br>Принципиальные тепловые схемы АЭС. Одноконтурные, двухконтурные и трехконтурные тепловые схемы. Промежуточная сепарация и перегрев пара. Регенеративный подогрев питательной воды на АЭС.                                                         |                           | 4                 | 2             | 6            |                              |                               |
| Раздел 2. Конструкции паровых турбин и конденсаторов ПТУ ТЭС и АЭС.                                                                                                                                                                                                                  |                           |                   |               |              |                              | РГР,О                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |       |    |       |  |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------|----|-------|--|-------|
| Тема 3. Конструкции паровых турбин ТЭС и АЭС.<br>Основные принципы конструирования. Конструкции современных паровых турбин. Конструкции турбин для АЭС. Расчет на прочность диафрагм.                                                                                                                                     |  | 4     | 2  | 6     |  |       |
| Тема 4. Конденсационные установки паровых турбин.<br>Тепловые процессы в конденсаторе. Тепловой баланс и расчет конденсатора. Конструкции конденсаторов. воздухоотсасывающие устройства.                                                                                                                                  |  | 4     | 2  | 6     |  |       |
| Раздел 3. Работа ПТУ на переменном режиме. Аварийные режимы работы ПТУ.                                                                                                                                                                                                                                                   |  |       |    |       |  |       |
| Тема 5. Работа ПТУ на переменном режиме.<br>Способы изменения мощности паровых турбин ТЭС. Выбор системы парораспределения. Влияние отклонения начальных и конечных параметров пара на мощность турбины. Диаграммы режимов работы турбины.                                                                                |  | 4     | 2  | 6     |  |       |
| Тема 6. Режимы работы ПТУ с удаленными ступенями.<br>Работа турбины с удаленной ступенью. Условия безопасной работы ПТУ при удалении последних ступеней. Определение расхода пара в ПТУ при удалении последних ступеней. Минимизация уменьшения мощности паровой конденсационной турбины при удалении последних ступеней. |  | 4     | 2  | 5,75  |  | РГР,О |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  | 24    | 12 | 35,75 |  |       |
| Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)                                                                                                                                                                                                                                                                           |  | 0,25  |    |       |  |       |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         |  | 36,25 |    | 35,75 |  |       |

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Наименование оценочного средства                                                     |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ПКп-4.2         | <p>1. Обладает знаниями основ инженерного проектирования ПТУ ТЭС и АЭС, мероприятий по улучшению их эксплуатационных характеристик и по основным направлениям модернизации ПТУ ТЭС и АЭС.</p> <p>2. Способен использовать методы экономического анализа эксплуатации ПТУ ТЭС и АЭС, формулировать задания на разработку проектных решений по совершенствованию ПТУ.</p> <p>3. Имеет навыки рационального использования ПТУ в периоды максимальных и минимальных нагрузок.</p> <p>4. Демонстрирует алгоритм теплового расчета по определению технико-экономических показателей ПТУ, методику выбора серийного оборудования ПТУ ТЭС и АЭС по параметрам, рассчитанным с использованием прикладного программного обеспечения.</p> <p>5. Способен использовать программное обеспечение для разработки новых ПТУ ТЭС и АЭС, выбирать оптимальные пути решения эксплуатации ПТУ.</p> | <p>1. Вопросы устного собеседования.</p> <p>2. Практико-ориентированные задания.</p> |

|  |                                                                                                     |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | 6. Обладает знаниями по современным проблемам развития источников тепловой и электрической энергии. |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания сформированности компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Устное собеседование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Письменная работа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Зачтено          | Обучающийся показывает достаточный уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины при дополнительных вопросах преподавателя. Допускает не существенные погрешности в ответе на вопросы, устраняет их без помощи преподавателя. | Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией. |
| Не зачтено       | Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки.                                                                                                                                                                                           | Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания.                                                                                                                             |

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

| № п/п     | Формулировки вопросов                                                                            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Семестр 4 |                                                                                                  |
| 1         | Место ПТУ в стационарной энергетике.                                                             |
| 2         | Классификация ПТУ.                                                                               |
| 3         | Основное и вспомогательное оборудование ПТУ.                                                     |
| 4         | Тепловые схемы ПТУ с конденсационными турбинами.                                                 |
| 5         | Особенности расчета тепловой схемы ПТУ.                                                          |
| 6         | Принципиальные тепловые схемы АЭС. Одноконтурные, двухконтурные, трехконтурные тепловые схемы.   |
| 7         | Промежуточная сепарация и перегрев пара, регенеративный подогрев питательной воды на АЭС.        |
| 8         | Конструкции современных паровых турбин ТЭС.                                                      |
| 9         | Особенности влажно-паровых турбин АЭС.                                                           |
| 10        | Расчет диафрагмы конденсационной турбины на прочность.                                           |
| 11        | Назначение и конструктивные особенности конденсаторов ПТУ.                                       |
| 12        | Классификация конденсаторов ПТУ.                                                                 |
| 13        | Тепловые процессы в конденсаторах ПТУ.                                                           |
| 14        | Тепловой баланс конденсаторов ПТУ.                                                               |
| 15        | Приближенный тепловой расчет конденсаторов ПТУ.                                                  |
| 16        | Способы изменения мощности паровых турбин ТЭС. Выбор системы парораспределения.                  |
| 17        | Влияние отклонения начальных и конечных параметров пара на мощность турбины.                     |
| 18        | Диаграммы режимов работы конденсационных паровых турбин.                                         |
| 19        | Диаграммы режимов работы противодавленческих паровых турбин.                                     |
| 20        | Диаграммы режимов работы паровых турбин с регулируемым отбором пара.                             |
| 21        | Работа паровой турбины с удаленной ступенью.                                                     |
| 22        | Условия безопасной работы ПТУ при удалении последних ступеней.                                   |
| 23        | Определение расхода пара в ПТУ при удалении последних ступеней.                                  |
| 24        | Минимизация уменьшения мощности паровой конденсационной турбины при удалении последних ступеней. |

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задача 1.

Определить электрическую мощность ПТУ, Nэ.

Дано: расход пара, G=165 кг/с; располагаемый теплоперепад, H0=1640 кДж/кг; относительный внутренний КПД,  $\eta_{oi}=0,79$ ; механический КПД,  $\eta_m=0,97$ ; КПД электрогенератора,  $\eta_{эг}=0,96$ .

Задача 2.

Определить абсолютный внутренний КПД ПТУ,  $\eta_i$ .

Дано: приведенный внутренний теплоперепад,  $\dot{H}_i=1200$  кДж/кг; энтальпия перегретого пара на выходе из котла,  $h_0=3620$  кДж/кг; энтальпия питательной воды на входе в котел  $h_{пв}=1000$  кДж/кг.

### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная

☒

Письменная

☒

Компьютерное тестирование

Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа 30 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

| Автор                                          | Заглавие                                                                                                                                                                           | Издательство                                                       | Год издания | Ссылка                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>6.1.1 Основная учебная литература</b>       |                                                                                                                                                                                    |                                                                    |             |                                                                                                                                                       |
| П.В. Луканин, Т.Ю. Короткова                   | Тепловые двигатели для целлюлозно-бумажной промышленности (Теория и конструкция паровых турбин) [ Текст ] : учеб. пособие                                                          | М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. - СПб.: СПбГТУРП            | 2010        | <a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_10_24_01_compressed.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_10_24_01_compressed.pdf</a> |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b> |                                                                                                                                                                                    |                                                                    |             |                                                                                                                                                       |
| Михалевич А. А., Мясникович М. В.              | Атомная энергетика. Состояние, проблемы, перспективы                                                                                                                               | Минск: Белорусская наука                                           | 2011        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/12293.html">http://www.iprbookshop.ru/12293.html</a>                                                               |
| П.Н. Коновалов, М.С. Липатов                   | Паротурбинные установки тепловых и атомных электростанций. Расчет диафрагмы конденсационной турбины на прочность [Текст] : методические указания к выполнению расчетной работы № 2 | М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД | 2018        | <a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_11_14_02.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_11_14_02.pdf</a>                       |
| П.Н. Коновалов, М.С. Липатов                   | Паротурбинные установки тепловых и атомных электростанций. Приближенный тепловой расчет главного конденсатора [Текст] : методические указания к выполнению расчетной работы № 3    | М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД | 2018        | <a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_11_14_03.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_11_14_03.pdf</a>                       |

|                              |                                                                                                                                                        |                                                                   |      |                                                                                                                                 |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| П.Н. Коновалов, М.С. Липатов | Паротурбинные установки тепловых и атомных электростанций. Расчет тепловой схемы ПТУ [Текст] : методические указания к выполнению расчетной работы № 1 | М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД.- СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД | 2018 | <a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_11_14_01.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/2018_11_14_01.pdf</a> |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. База данных большой технической библиотеки "Сайт теплотехника" [Электронный ресурс]. URL:<http://teplokot.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
MicrosoftOfficeProfessional 2013  
Диаграмма HS для воды и водяного пара v2.5

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| Аудитория            | Оснащение                                                     |
|----------------------|---------------------------------------------------------------|
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска |
| Учебная аудитория    | Специализированная мебель, доска                              |