

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**ПРИЕМ 2018 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

**Газовые турбины и компрессоры электростанций**

|                                                         |                                                 |         |               |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|---------------|
| Направление подготовки/ специальность                   | <b>13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника</b>  |         |               |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | <b>Инженерия теплоэнергетики и теплотехники</b> |         |               |
| Специализация                                           | Тепловые электрические станции                  |         |               |
| Уровень образования                                     | высшее образование - бакалавриат                |         |               |
| Курс                                                    | 4,5                                             | семестр | <b>8,9,10</b> |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)             | <b>12 (3/3/6)</b>                               |         |               |

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

|                                                                                    |               |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | Заворин А.С.  |
|  | Антонова А.М. |
|  | Шевелев С.А.  |

2020 г.

# 1. Роль дисциплины «Газовые турбины и компрессоры электростанций» в формировании компетенций выпускника:

| Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА) | Семестр | Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                       | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                                         | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------|---------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               |         |                 |                                                                                                                | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                                                      | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                     |
| Турбины тепловых и атомных электрических станций              | 8,9     | 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)-5.1B1                                                 | 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)-5.131                                                 | 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)-5.2B1                                                 | 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)-5.231                                                 | 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)-5.3B1                                                 | 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)-5.331                                                 | 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)-5.4B1                                                 | 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)-5.431                                                 | Знает влияние условий работы оборудования ТЭС на принимаемые конструктивные решения                                                                              |
|                                                               |         | ПК(У)-2         | Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках | И.ПК(У)-2.1                       | Делает выводы об эффективности технологий преобразования энергии топлива в теплоэнергетических установках                                                               | ПК(У)-2.1B1                                                 | Владеет опытом расчетного анализа параметров и показателей теплоэнергетических установок и их оборудования                                                       |
|                                                               |         |                 |                                                                                                                |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-2.1У1                                                 | Умеет рассчитывать параметры и показатели теплоэнергетических установок и их оборудования                                                                        |
|                                                               |         |                 |                                                                                                                |                                   |                                                                                                                                                                         | ПК(У)-2.131                                                 | Знает основные технологии преобразования энергии топлива в электрическую энергию                                                                                 |

## 2. Показатели и методы оценивания

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                                                                     | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование раздела дисциплины                                                                                                                                                                                   | Методы оценивания (оценочные мероприятия)                        |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                        |                                               |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| РД-1                                          | Использовать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при постановке и решении задач анализа работы турбин тепловых и атомных электростанций | ПК(У)-5<br>ПК(У)-2                            | Раздел 1. Общие сведения о турбине и турбинной установке<br>Раздел 2. Тепловой процесс турбинной ступени<br>Раздел 4. Работа турбин при переменных режимах<br>Раздел 7. Конденсационные устройства паровых турбин | выполнение и защита отчетов по индивидуальным домашним заданиям; |
| РД-2                                          | Разрабатывать математические модели процессов в турбинах и турбинных ступенях, обосновывать конструкторские решения элементов и узлов паровых турбин                | ПК(У)-5<br>ПК(У)-2                            | Раздел 2. Тепловой процесс турбинной ступени<br>Раздел 3. Многоступенчатые паровые турбины<br>Раздел 4. Работа турбин при переменных режимах<br>Раздел 6. Основы регулирования паровых турбин                     | защита отчетов по лабораторным работам                           |
| РД -3                                         | Иметь первичные навыки проектирования паровой турбины, ее деталей и узлов                                                                                           | ПК(У)-5<br>ПК(У)-2                            | Раздел 2. Тепловой процесс турбинной ступени<br>Раздел 5. Турбины для комбинированного производства энергии                                                                                                       | защита курсового проекта.                                        |

## 3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка – максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

### Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля\*\*

| % выполнения задания | Соответствие традиционной оценке | Определение оценки                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90%÷100%             | «Отлично»                        | Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному |
| 70% - 89%            | «Хорошо»                         | Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов             |
| 55% - 69%            | «Удовл.»                         | Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов            |
| 0% - 54%             | «Неудовл.»                       | Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям                                                                                                                                                      |

### Шкала для оценочных мероприятий экзамена\*\*

| % выполнения заданий экзамена | Экзамен, балл | Соответствие традиционной оценке | Определение оценки                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90%÷100%                      | 18 ÷ 20       | «Отлично»                        | Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному |
| 70% - 89%                     | 14 ÷ 17       | «Хорошо»                         | Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов             |
| 55% - 69%                     | 11 ÷ 13       | «Удовл.»                         | Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов            |
| 0% - 54%                      | 0 ÷ 10        | «Неудовл.»                       | Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям                                                                                                                                                      |

### Шкала для оценочных мероприятий и дифференцированного зачета / зачета

| Степень сформированности результатов обучения | Балл     | Соответствие традиционной оценке | Определение оценки                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------|----------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90% ÷ 100%                                    | 90 ÷ 100 | «Отлично»                        | Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному |
| 70% ÷ 89%                                     | 70 ÷ 89  | «Хорошо»                         | Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов             |
| 55% ÷ 69%                                     | 55 ÷ 69  | «Удовл.»                         | Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов            |
| 55% ÷ 100%                                    | 55 ÷ 100 | «Зачтено»                        | Результаты обучения соответствуют минимально достаточным требованиям                                                                                                                                                         |
| 0% ÷ 54%                                      | 0 ÷ 54   | «Неудовл.»/<br>«Не зачтено»      | Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям                                                                                                                                                      |

#### 4. Перечень типовых заданий

|    | Оценочные мероприятия      | Примеры типовых контрольных заданий                                                                                                                                                                                                     |
|----|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Защита лабораторной работы | Вопросы:<br>1. Назначение отверстия в вале цельнокованого ротора<br>2. Понятие о жестком и гибком вале.<br>3. Материалы, применяемые для турбинных валов<br>4. Способы крепления дисков на валу<br>5. Автофритирование турбинных дисков |

|    | Оценочные мероприятия                    | Примеры типовых контрольных заданий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | Защита индивидуального домашнего задания | <p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что понимается под сопловым и рабочим каналом, сопловой и рабочей решеткой, проточной частью ступени, ступенью?</li> <li>2. От каких факторов зависит коэффициент расхода решетки?</li> <li>3. Что понимают под оптимальной относительной окружной скоростью?</li> <li>4. Что понимают под степенью парциальности ступени и как она выбирается?</li> <li>5. Изобразить в <math>h_s</math>-диаграмме процесс расширения пара в 2-х венечной ступени скорости в случае <math>p &gt; 0</math> и <math>p = 0</math>.</li> </ol>                                                 |
| 3. | Выполнение курсового проекта             | <p>Выполнение курсового проекта</p> <p>По форме курсовая работа должна представлять собой письменную самостоятельную учебно-исследовательскую работу студента, для систематизации, закрепления теоретических знаний и практических навыков при решении конкретных задач, а также умении аналитически оценивать, защищать и обосновывать полученные результаты.</p> <p>Тематика проектов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проект многоступенчатой паровой турбины К-210-14,0</li> <li>2. Проект многоступенчатой паровой турбины Р-90-13,0/1,8</li> <li>3. Проект многоступенчатой паровой турбины К-500-23,5</li> </ol> |
| 4. | Защита курсового проекта                 | <p>Вопросы к защите:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема проточной части ЦВД турбины, причины выбора петлевой схемы организации проточной части, ее преимущества и недостатки</li> <li>2. Назначение регулирующей ступени. Условия выбора одно- и двухвенечных ступеней, а также их средних диаметров. Конструкция регулирующей ступени</li> <li>3. Методика определения числа нерегулируемых ступеней ЦВД. Преимущества многоступенчатого исполнения проточной части турбины</li> </ol>                                                                                                                              |
| 5. | Зачет                                    | <p>Вопросы на Зачет:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Связь между реактивностью ступени, углами выхода потока из решеток и треугольниками скоростей.</li> <li>2. Вывести формулу максимального КПД на лопатках ступени с реактивностью равной нулю?</li> <li>3. Процесс расширения в ступени и относительный внутренний КПД ступени?</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6. | Экзамен                                  | <p>Вопросы на экзамен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение неразрывности и следствия из него для градиентного течения газа.</li> <li>2. Расширение пара в косом срезе турбинных решеток</li> <li>3. Потери в ступени, связанные с парциальным подводом пара</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

## 5. Методические указания по процедуре оценивания

|    | Оценочные мероприятия                    | Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Защита лабораторной работы               | <p><i>Процедура проведения:</i> состоит из двух вопросов и проводится в устной форме.</p> <p><i>Оценивание:</i> согласно рейтингу дисциплины.</p> <p><i>Критерии оценивания:</i> полный ответ – 100%, частичный 25-75%, неправильный ответ или его отсутствие – 0 баллов.</p> <p><i>Методические материалы</i> – методические указания к лабораторным работам.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2. | Защита индивидуального домашнего задания | <p><i>Процедура проведения:</i> состоит из двух вопросов и проводится в устной форме.</p> <p><i>Оценивание:</i> согласно рейтингу дисциплины.</p> <p><i>Критерии оценивания:</i> полный ответ – 100%, частичный 25-75%, неправильный ответ или его отсутствие – 0 баллов.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3. | Выполнение курсового проекта             | <p>Курсовой проект выполняется в форме расчетно-пояснительной записки и трех листов графического материала. Для эффективного проведения самостоятельного поиска решения предлагаемых задач имеется возможность использовать обширный учебно- методический материал, Интернет-ресурсы, научную и справочную литературу.</p> <p>Курсовой проект представляет собой выполнение на основе исходных данных следующих разделов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Анализ исходных данных и выбор дополнительных данных для расчета турбины. Краткая характеристика общего конструктивного оформления проектируемой турбины, ее тепловой схемы и основных показателей.</li> <li>2. Определение предельной мощности турбины. Структурная схема турбины.</li> <li>3. Проект принципиальной тепловой схемы турбинной установки. Приближенная оценка процесса расширения пара в турбине. Определение предварительного расчетного расхода пара на турбину.</li> <li>4. Выбор типа регулирующей ступени, определение оптимального отношения скоростей <math>u/cф</math> и подробный тепловой расчет ступени.</li> <li>5. Конструкторский расчет проточной части турбины. <ol style="list-style-type: none"> <li>а. Распределение теплоперепада турбины по ступеням давления. Определение числа ступеней.</li> <li>б. Тепловой расчет первой ступени по среднему диаметру.</li> <li>с. Определение геометрических размеров промежуточных ступеней давления и построение эскиза раскрытия проточной части цилиндра.</li> </ol> </li> <li>6. Определение показателей тепловой экономичности турбины и турбинной установки.</li> </ol> |

| Оценочные мероприятия |                          | Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                          | <p>7. Расчет осевого усилия на роторную часть на примере третьей ступени камерной части цилиндра.</p> <p>8. Механический расчет элементов турбины.</p> <p>а. Расчет на прочность пера и хвостовика лопатки четвертой ступени.</p> <p>б. Расчет диафрагмы первой ступени камерной части на прогиб.</p> <p>с. Расчет ротора на критическое число оборотов.</p> <p>9. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА.</p> <p>а. Первый лист: Проточная часть турбины (цилиндра).</p> <p>б. Второй лист. Продольный разрез турбины.</p> <p>с. Третий лист: Поперечный разрез (сечение) турбины в области паровпуска и отбора пара на регенерацию.</p> <p>Оценивание: согласно рейтингу дисциплины</p> <p>Критерии оценивания выполнения курсовой работы: выполнена в соответствии с требованиями – 75-100%, частично выполнена – 25-75%, не выполнена - 0 баллов.</p> |
| 4.                    | Защита курсового проекта | <p><i>Процедура проведения:</i> состоит из пяти вопросов и проводится в устной форме.</p> <p><i>Оценивание:</i> согласно рейтингу дисциплины.</p> <p><i>Критерии оценивания:</i> полный ответ – 100%, частичный 25-75%, неправильный ответ или его отсутствие – 0 баллов.</p> <p><i>Методические материалы</i> – методические указания к выполнению курсового проекта.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5.                    | Зачет                    | <p><i>Процедура проведения:</i> состоит из трех вопросов и проводится в письменной форме по результатам выполнения курса. Время на подготовку – 1 час, на ответы – 10 мин.</p> <p><i>Оценивание:</i> согласно рейтинговой системе университета.</p> <p><i>Критерии оценки:</i> изложены в экзаменационном билете.</p> <p><i>Методические материалы</i> – лекции, учебно-методическая литература к курсу.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6.                    | Экзамен                  | <p><i>Процедура проведения:</i> проводится в форме беседы и состоит из 3 теоретических вопросов. Время подготовки – 1 час.</p> <p>Оценивание: согласно рейтинговой системе университета.</p> <p>Критерии оценки: изложены в экзаменационном билете.</p> <p>Методические материалы – лекции, учебно-методическая литература к курсу.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |