

702001

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра «Тепловые энергетические установки»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин



2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Турбины тепловых электрических станций»

основной профессиональной образовательной программы

подготовки бакалавров

по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

профиль «Тепловые электрические станции»

Форма обучения очная

Технология обучения традиционная

Комсомольск-на-Амуре 2018

Автор рабочей программы  
доцент каф ТЭУ, к.т.н., доцент

 А.Ю. Попов  
« 13 » 02 20 17 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

 И.А. Романовская  
« 15 » 02 20 17 г.

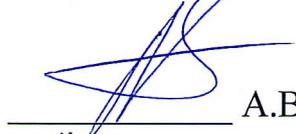
Заведующий кафедрой «Тепловые энергетические установки», к.т.н, доцент

 А.В. Смирнов  
« 14 » 02 20 17 г.

Заведующий выпускающей кафедрой «Тепловые энергетические установки», к.т.н, доцент

 А.В. Смирнов  
« 14 » 02 20 17 г.

Декан факультета «Энергетики, транспорта и морских технологий», д.т.н., профессор

 А.В. Космынин  
« 14 » 02 20 17 г.

Начальник учебно-методического управления

 Е.Е. Поздеева  
« 16 » 02 20 17 г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Турбины тепловых и атомных электрических станций» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 октября 2015 № 1081 и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

## 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	<i>Турбины тепловых и атомных электрических станций</i>							
Цель дисциплины	Формирование у обучающихся знаний в области рабочих процессов в элементах энергетических турбомашин при преобразовании тепловой энергии в электрическую, умений и навыков их использования в практической деятельности							
Задачи дисциплины	Состоят в получении знаний, умений и навыков в области промышленной теплоэнергетики при разработке и применении турбоустановок, производящих тепловую и электрическую энергию							
Основные разделы дисциплины	1. Турбины и паротурбинные установки. 2. Теория турбинной ступени. Конструкции турбин и их основных элементов. 3. Многоступенчатые турбины. 4. Работа турбин на переменных режимах. 5. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. 6. Конденсационная установка.							
Общая трудоемкость дисциплины	<u>8 з.е. / 288</u> академических часа							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
	6	34	34	17	–	95	–	180
7	17	17	–	–	74	–	108	
ИТОГО:		51	51	17	–	169	–	288

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Турбины тепловых и атомных электрических станций» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
<b>ПК-1:</b> Способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	<b>З-2(ПК-1-2):</b> знать особенности конструкций паровых и газовых турбин; <b>З-2(ПК-1-3):</b> знать специфику формирования исходных данных для проектирования турбин и их элементов.	<b>У-2(ПК-1-2):</b> уметь производить поиск исходных данных по турбоустановкам; <b>У-2(ПК-1-3):</b> уметь формировать исходные данные для проектирования турбин и их элементов.	<b>Н-2(ПК-1-2):</b> владеть навыками сбора и анализа исходных данных существующих турбомашин; <b>Н-2(ПК-1-3):</b> владеть навыками подготовки исходных данных для проектирования турбин и их элементов.
<b>ПК-2:</b> Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	<b>З-2(ПК-2-6):</b> знать основы тепловых расчетов турбоагрегатов и их элементов; <b>З-2(ПК-2-7):</b> знать способы проектирования турбоагрегатов и их элементов.	<b>У-2(ПК-2-6):</b> уметь производить расчеты турбоагрегатов и их элементов; <b>У-2(ПК-2-7):</b> уметь пользоваться системами проектирования турбоагрегатов и их элементов.	<b>Н-2(ПК-2-6):</b> владеть навыками проведения расчетов турбоагрегатов и их элементов; <b>Н-2(ПК-2-7):</b> владеть навыками проектирования элементов и узлов турбин.
<b>ДПК-1:</b> Способность демонстрировать знания в области назначения, устройства и принципа действия основного и вспомогательного энергетического оборудования тепловых электрических станций	<b>З-2(ДПК-1-4):</b> знать назначение элементов тепловых схем турбоагрегатов; <b>З-2(ДПК-1-5):</b> знать о способах расчетов элементов турбины.	<b>У-2(ДПК-1-4):</b> уметь демонстрировать результаты тепловых расчетов турбоагрегатов; <b>У-2(ДПК-1-5):</b> уметь демонстрировать результаты расчетов элементов турбины.	<b>Н-2(ДПК-1-4):</b> владеть навыками представления результатов тепловых расчетов турбоагрегатов; <b>Н-2(ДПК-1-5):</b> владеть навыками представления результатов расчетов элементов турбины.

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина(модуль) «Турбины тепловых и атомных электрических станций» изучается на 3-м курсе в 6-м семестре и на 4-м курсе в 7-м семестре.

Дисциплина является базовой дисциплиной входит в состав блока Б1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части.

Дисциплина «Турбины тепловых и атомных электрических станций»

совместно с дисциплинами «Котельные установки и парогенераторы», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций», «Теория и практика успешной коммуникации», «Тепловые и атомные электрические станции», «Технология инженерного творчества», «Основы стандартизации и патентоведение», «Преддипломная практика» являются основой для успешного прохождения государственной итоговой аттестации на заключительном этапе освоения компетенции **ПК-1**: «Способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией».

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции **ПК-2**: «Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием», в процессе изучения дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика в САД-системах» (этап 1, 2), «Учебная практика», «Специальные технологии проектирования теплоэнергетического оборудования» (этап 4), «Физические основы теории горения» (этап 4), «Специальные компьютерные технологии» (этап 5).

Дисциплина «Турбины тепловых и атомных электрических станций» совместно с дисциплинами «Котельные установки и парогенераторы», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций», «Тепловые и атомные электрические станции» являются основой для успешного прохождения государственной итоговой аттестации на заключительном этапе освоения компетенции **ПК-2**.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции **ДПК-1**: «Способность демонстрировать знания в области назначения, устройства и принципа действия основного и вспомогательного энергетического оборудования тепловых электрических станций», в процессе изучения дисциплины «Введение в профессиональную деятельность» (этап 1), «Учебная практика», «Производственная практика».

Дисциплина «Турбины тепловых и атомных электрических станций» совместно с дисциплинами «Котельные установки и парогенераторы», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций», «Двигатели внутреннего сгорания», «Электрооборудование электростанций» являются основой для успешного прохождения государственной итоговой аттестации на заключительном этапе освоения компетенции **ДПК-1**.

Входной контроль не проводится.

**4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 академических часов.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	288
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	119
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	51
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	68
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	169
Промежуточная аттестация обучающихся:	–

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>6 семестр</b>					
Раздел 1 <i>Турбины и паротурбинные установки</i>					

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
<b>Тема</b> Типы турбин и их принцип действия: Турбина как основной двигатель современной тепловой и атомной электрической станции. Принцип действия турбины. Краткий исторический очерк развития паровых и газовых турбин. Современное состояние развития турбиностроения. Активные и реактивные турбины. Турбинные установки ТЭС и АЭС. Конструкция паровой турбины, ее основных узлов и деталей.	Лекция	2	Традиционная	ПК-1 ДПК-1	3-2(ПК-1-6) 3-2(ДПК-1-6)
<b>Тема</b> Способы повышения экономичности цикла ПТУ: Паротурбинная установка и ее экономичность. Влияние начальных и конечных параметров пара на КПД цикла ПТУ. Промежуточный перегрев пара. Регенерированный подогрев питательной воды. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии.	Лекция	4	Традиционная	ПК-1 ПК-2 ДПК-1	3-2(ПК-1-6) 3-2(ПК-2-6) 3-2(ДПК-1-6)
<b>Тема</b> Классификация турбин: Основы классификации турбин. Технико-экономические характеристики мощных современных турбин, устанавливаемых на ТЭС и АЭС в России.	Лекция	4	Традиционная	ПК-1 ДПК-1	3-2(ПК-1-6) 3-2(ДПК-1-6)
<b>Тема</b> Простые и сложные циклы ПТУ	Практическое занятие	2	Активная, на ПК	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6, 3-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
<b>Тема</b> Простые и сложные циклы ПТУ	Практическое занятие	4	Семинар	ДПК-1	У-2(ДПК-1-6), Н-2(ДПК-1-6)
<b>Тема</b> Изучение тепловой схемы конденсационного турбоагрегата	Лабораторная работа	4	Традиционная	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6, 3-2(ПК-2-6),

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
					У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
Самостоятельная ра-бота обучающихся	Изучение тео-ретических разделов дис-циплины	12	Чтение ос-новной и дополни-тельной литера-туры, кон-спектиро-вание	ПК-1	3-2(ПК-1-6)
	Выполнение РГР	9	Выполне-ние РГР	ПК-1 ПК-2	У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6, У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
	Подготовка к практическим занятиям (се-минарам) и ла-бораторным работам	12	Чтение ос-новной и дополни-тельной литера-туры, под-готовка презентаций, подго-товка отчетов к лабо-раторным работам	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6, 3-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
<b>ИТОГО по разделу 1</b>	Лекции	10	-	-	-
	Практические занятия	6	-	-	-
	Лабораторные работы	4	-	-	-
	Самостоятель-ная работа обучающихся	33	-	-	-
<b>Раздел 2 Теория турбинной ступени. Конструкции турбин и их основных элементов</b>					
<b>Тема</b> Преобразование энергии в турбинной ступени: Конструктивное выполне-ние турбинной ступени. Основные уравнения рабо-чего процесса турбинной ступени. Основные харак-теристики и параметры потоков в каналах. Преоб-разование энергии в тур-	Лекция	2	Традици-онная	ПК-1 ПК-2 ДПК-1	3-2(ПК-1-6) 3-2(ПК-2-6) 3-2(ДПК-1-6)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
бинной ступени. Треуголь-ники скоростей. Силы, действующие на рабочие лопатки. Теоретический и действительный процессы в соплах и рабочих лопат-ках.					
<b>Тема</b> Относительный лопаточный КПД. По-тери энергии в тур-бинных решетках: Мощность, работа пара (газа), относительный ло-паточный КПД ступени. Зависимость лопаточного КПД активной и реактив-ной ступеней от отноше-ния скоростей. Использо-вание энергии выходной скорости. Ступени скоро-сти. Потери энергии в ре-шетках. Коэффициент рас-хода. Потери профильные и концевые. Влияние ре-жимных параметров на ха-рактеристики решеток	Лекция	6	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6) 3-2(ПК-2-6)
<b>Тема</b> Характеристики турбинных решеток. Внутренний относи-тельный КПД: Турбинные решетки и их геометрические характе-ристики. Определение ос-новных размеров сопло-вых и рабочих решеток. Выбор профилей лопаток и геометрических и кон-структивных параметров. Внутренний относитель-ный КПД турбинной сту-пени. Дополнительные по-тери. Особенности тече-ния влажного пара в ре-шетках турбинной сту-пени. Эрозия рабочих ло-паток. Выбор оптималь-ного отношения скоростей для ступеней различного типа.	Лекция	6	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6) 3-2(ПК-2-6)
<b>Тема</b> Расчет парамет-ров ступеней актив-ных и реактивных турбин	Практическое занятие	4	Интерак-тивная, на ПК	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6), 3-2(ПК-2-6),

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
					У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
<b>Тема</b> Общее устрой-ство паровых турбин ТЭС.	Практическое занятие	6	Интерак-тивная, на ПК	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6, З-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
<b>Тема</b> Общее устрой-ство паровых турбин ТЭС.	Практическое занятие	6	Семинар	ДПК-1	У-2(ДПК-1-6), Н-2(ДПК-1-6)
<b>Тема</b> Влияние начальных парамет-ров пара на влажность отработавшего пара	Лабораторная работа	6	Активная, на ПК	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6, З-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
Самостоятельная ра-бота обучающихся	Изучение тео-ретических разделов дис-циплины	12	Чтение ос-новной и дополни-тельной литера-туры, кон-спектиро-вание	ПК-1	З-2(ПК-1-6)
	Выполнение РГР	9	Выполне-ние РГР	ПК-1 ПК-2	У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6, У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
	Подготовка к практическим занятиям (се-минарам) и ла-бораторным работам	12	Чтение ос-новной и дополни-тельной литера-туры, под-готовка презентаций, подго-товка отчетов к лабо-раторным работам	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6, З-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
<b>ИТОГО по разделу 2</b>	Лекции	14	-	-	-
	Практические занятия	16	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
	Лабораторные работы	6	-	-	-
	Самостоятель-ная работа обучающихся	33	-	-	-
<b>Раздел 3 Многоступенчатые турбины</b>					
<b>Тема</b> Типы многоступенчатых турбин. Тепловой процесс в многоступенчатых турбинах: Турбины со ступенями скорости/давления. Тепловой процесс в многоступенчатой турбине. Концевые уплотнения. Потери энергии. Влияние числа ступеней на эффективность проточной части турбины. Коэффициент возврата теплоты.	Лекция	2	Традици-онная	ПК-1 ПК-2 ДПК-1	3-2(ПК-1-6) 3-2(ПК-2-6) 3-2(ДПК-1-6)
<b>Тема</b> Порядок теплового расчета многоступенчатой турбины: Порядок теплового расчета многоступенчатой паровой турбины. Оценка числа ступеней многоступенчатой турбины. Предельная мощность однопоточной турбины. Особенности детального расчета ступеней турбины. Обзор конструкций многоступенчатых паровых турбин с промежуточным перегревом пара, без промежуточного перегрева пара. Оценка экономической эффективности современных конструкций турбин	Лекция	8	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6) 3-2(ПК-2-6)
<b>Тема</b> Тепловой расчет одновенечной ступени	Практическое занятие	4	Активная, на ПК	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6), 3-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
<b>Тема</b> Тепловой расчет двухвенечной ступени	Практическое занятие	4	Активная, на ПК	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6), 3-2(ПК-2-6),

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
					У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
<b>Тема</b> Конструкции многоступенчатых турбин со ступенями скорости и ступенями давления	Практическое занятие	4	Семинар	ДПК-1	У-2(ДПК-1-6), Н-2(ДПК-1-6)
<b>Тема</b> Влияние параметров промежуточного перегрева пара на эффективность турбоустановки	Лабораторная работа	7	Активная, на ПК	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6), 3-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
Самостоятельная работа обучающихся	Изучение теоретических разделов дисциплины	10	Чтение основной и дополнительной литературы, конспектирование	ПК-1	3-2(ПК-1-6)
	Выполнение РГР	9	Выполнение РГР	ПК-1 ПК-2	У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
	Подготовка к практическим занятиям (семинарам) и лабораторным работам	10	Чтение основной и дополнительной литературы, подготовка презентаций, подготовка отчетов к лабораторным работам	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6), 3-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)
<b>ИТОГО по разделу 3</b>	Лекции	10	-	-	-
	Практические занятия	12	-	-	-
	Лабораторные работы	7	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	29	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
<b>ИТОГО за шестой семестр:</b>	Лекции	34	-	-	-
	Практические занятия	34	-	-	-
	Лабораторные работы	17	-	-	-
	Самостоя-тельная ра-бота обучаю-щихся	95	-	-	-
	Всего	180			
<b>Курсовая работа</b>					
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>		-	зачет с оценкой		
<b>7 семестр</b>					
<i>Раздел 4 Работа турбин на переменных режимах</i>					
<b>Тема</b> Работа турбин-ной ступени на пере-менном режиме: Работа ступени и турбины на переменном режиме. Зависимость между расхо-дом пара и параметрами пара перед и за решеткой. Степени реактивности и КПД при изменении отно-шения скоростей ступени. Условия работы послед-ней ступени конденса-ционной турбины при пере-менном давлении за ступе-нью.	Лекция	2	Традици-онная	ПК-1 ПК-2 ДПК-1	3-2(ПК-1-7) 3-2(ПК-2-7) 3-2(ДПК-1-5)
<b>Тема</b> Способы парораспределения: Работа многоступенчатой турбины на переменном режиме. Распределение давлений и теплоперепа-дов в ступенях турбины при изменении расхода ра-бочего тела, также его па-раметров. Дроссельное парораспределение. Потери дросселирования в кон-денсационной и противо-давленческой турбинах. Сопловое парораспреде-ление. Обводное парорас-пределение. Изменение расхода пара через тур-бину методом скользящего	Лекция	2	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-7) 3-2(ПК-2-7)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
давления.					
<b>Тема</b> Влияние изменения параметров пара на мощность и экономичность: Влияние изменения начального давления, начальной температуры, давления отработанного пара и состоянии проточной части на мощность и экономичность турбины.	Лекция	2	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-7) З-2(ПК-2-7)
<b>Тема</b> Изменение расхода пара через турбину методом скользящего давления	Практическое занятие	3	Интерак-тивная, на ПК	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-7), У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7), З-2(ПК-2-7), У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7)
<b>Тема</b> Влияние параметров пара на мощность и экономичность турбины	Практическое занятие	3	Семинар	ПК-1 ПК-2 ДПК-1	З-2(ПК-1-7), У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7), З-2(ПК-2-7), У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7), У-2(ДПК-1-5), Н-2(ДПК-1-5)
Самостоятельная работа обучающихся	Изучение теоретических разделов дисциплины	6	Чтение основной и дополнительной литературы, конспектирование	ПК-1	З-2(ПК-1-7)
	Выполнение КР	13	Выполнение КР	ПК-1 ПК-2	У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7), У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7)
	Подготовка к практическим занятиям	6	Чтение основной и дополнительной литературы	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-7), З-2(ПК-2-7)
<b>ИТОГО по разделу 7</b>	Лекции	6	-	-	-
	Практические занятия	6	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
				-	-
<b>Раздел 5 Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии</b>					
<b>Тема</b> Теплофикационные турбины: Экономическая эффективность при использовании турбин для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии. Паровые турбины с противо-давлением.	Лекция	2	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-7) 3-2(ПК-2-7)
<b>Тема</b> Турбины с отбо-рами пара: Турбины с одним и двумя регулируемыи отборами пара. Турбины с отопи-тельными отборами пара при ступенчатом подо-греве сетевой воды.	Лекция	2	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-7) 3-2(ПК-2-7)
<b>Тема</b> Диаграммы ре-жимов: Диаграмма режимов тур-бины с противо-давлением. Диаграмма режимов тур-бины с двумя регулире-мыми отборами пара.	Лекция	2	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-7) 3-2(ПК-2-7)
<b>Тема</b> Диаграмма ре-жимов турбины с про-тиво-давлением	Практическое занятие	2	Активная, на ПК	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-7), У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7), 3-2(ПК-2-7), У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7)
<b>Тема</b> Диаграмма ре-жимов турбины с 2-мя регулируемыи отбо-рами пара	Практическое занятие	4	Интерак-тивная, на ПК	ПК-1 ПК-2	3-2(ПК-1-7), У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7), 3-2(ПК-2-7), У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7)
Самостоятельная ра-бота обучающихся	Изучение тео-ретических разделов дис-циплины	6	Чтение ос-новной и дополни-тельной литера-туры, кон-спектиро-вание	ПК-1	3-2(ПК-1-7)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
	Выполнение КР	13	Выполне-ние КР	ПК-1 ПК-2	У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7, У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7)
	Подготовка к практическим занятиям	6	Чтение ос-новной и дополни-тельной литературы	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-7), З-2(ПК-2-7)
<b>ИТОГО по разделу 8</b>	Лекции	6	-	-	-
	Практические занятия	6	-	-	-
	Самостоятель-ная работа обучающихся	25	-	-	-
<b>Раздел 6 Конденсационная установка</b>					
<b>Тема</b> Конструкция конденсаторной уста-новки: Схема конденсационной установки и ее элементы. Конструкция конденсато-ров паровых турбин. Теп-ловой процесс в конденса-торе. Паровое сопротивле-ние конденсаторов, темпе-ратура конденсата и его переохлаждение. Водяная и воздушная плотность конденсатора. Деаэрация в конденсаторе.	Лекция	3	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-7) З-2(ПК-2-7)
<b>Тема</b> Тепловой про-цесс в конденсаторе: Тепловой расчет конденса-тора. Выбор краткости охлаждения, числа трубок и их длины. Гидравличе-ское сопротивление кон-денсатора. Способы креп-ления трубок. Соединение турбины с конденсатором, опоры конденсатора. Ха-рактеристики конденса-тора при переменном ре-жиме его работы. Воз-душно отсасывающие насосы. Водоструйные и пароструйные эжекторы.	Лекция	2	Традици-онная	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-7) З-2(ПК-2-7)
<b>Тема</b> Конструкции конденсаторов тур-бин, пароструйные	Практическое занятие	5	Активная, на ПК	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-7), У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7),

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
эжекторы					З-2(ПК-2-7), У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7)
Самостоятельная ра-бота обучающихся	Изучение тео-ретических разделов дис-циплины	5	Чтение ос-новной и допологи-тельной ли-тературы, кон-спектиро-вание	ПК-1	З-2(ПК-1-7)
	Выполнение КР	14	Выполне-ние КР	ПК-1 ПК-2	У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7), У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7)
	Подготовка к практическим занятиям	5	Чтение ос-новной и допологи-тельной ли-тературы	ПК-1 ПК-2	З-2(ПК-1-7), З-2(ПК-2-7)
<b>ИТОГО по разделу 9</b>	Лекции	5	–	–	–
	Практические занятия	5	–	–	–
	Самостоятель-ная работа обучающихся	24	–	–	–
<b>ИТОГО за седьмой семестр:</b>	Лекции	17	–	–	–
	Практические занятия	17	–	–	–
	Самостоя-тельная ра-бота обучаю-щихся	74	–	–	–
	Всего	108			
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>		–	Зачет	–	–
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	Лекции	51	–	–	–
	Практические занятия	51	–	–	–
	Лабораторные работы	17	–	–	–
	Самостоя-тельная ра-бота обучаю-щихся	133	–	–	–

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма про-ведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенции	Знания, умения, навыки
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 288 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 17 часов					

## **6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Турбины тепловых и атомных электрических станций», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к занятиям (подготовка к практическим занятиям, подготовка презентаций, подготовка отчетов к лабораторным работам); подготовка и оформление расчетно-графической работы; подготовка и оформление курсовой работы.

Для успешного выполнения самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. Турбины тепловых и атомных электростанций : методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Турбины тепловых и атомных электростанций»: / А.Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре: «КНАГТУ», 2011. – 25 с.

2. Основы теории тепловых процессов и машин [Электронный ресурс]: в 2 ч. Ч. 2: Учебное пособие / Александров Н.Е., Богданов А.И., Костин К.И.; Под ред. Прокопенко Н.И., - 5-е изд., (эл.) - М.:БИНОМ. Лаб. знаний, 2015. - 574 с.: ISBN 978-5-9963-2613-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/366681>

3. Каталог продукции группы компаний "Силовые машины" [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://www.power-m.ru/upload/iblock/13f/SM\\_all\\_2018.pdf](http://www.power-m.ru/upload/iblock/13f/SM_all_2018.pdf).

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.1, 4.2.

### **Общие рекомендации по организации самостоятельной работы.**

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по

правильной организации работы.

Правила оформления студенческих текстовых в РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления» ([https://knastu.ru/media/files/page\\_files/page\\_425/omk/rd/RD\\_013-2016\\_izm.1.pdf](https://knastu.ru/media/files/page_files/page_425/omk/rd/RD_013-2016_izm.1.pdf)).

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3-6 часов в неделю. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (построение графиков и т.п.).

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность.



## 7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
<p>1. Турбины и паротурбинные установки.</p> <p>2. Теория турбинной ступени. Конструкции турбин и их основных элементов.</p> <p>3. Многоступенчатые турбины.</p>	<p>3-2(ПК-1-6), 3-2(ПК-2-6), 3-2(ДПК-1-6)</p>	<p>Конспект лекций</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки);</li> <li>- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).</li> </ul>
	<p>3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6), 3-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)</p>	<p>Задания практических занятий</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
	<p>3-2(ДПК-1-6), У-2(ДПК-1-6), Н-2(ДПК-1-6)</p>	<p>Доклад (сообщение) по тематике практического занятия</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие выступления теме, поставленным целям и задачам;</li> <li>- глубина / полнота рассмотрения темы;</li> <li>- логичность / структурированность / целостность выступления;</li> <li>- речевая культура;</li> <li>- используются ссылки на информационные ресурсы (сайты, литература);</li> <li>- наглядность / презентабельность;</li> <li>- самостоятельность суждений / владение материалом / компетентность</li> </ul>
	<p>3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6), 3-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)</p>	<p>Задачи лабораторных работ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
	<p>3-2(ПК-1-6), У-2(ПК-1-6), Н-2(ПК-1-6), 3-2(ПК-2-6), У-2(ПК-2-6), Н-2(ПК-2-6)</p>	<p>Расчетно-графическая работа</p>	<p><i>Содержание работы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание методик расчетов и навыков их применения;</li> <li>- полнота выполнения задания;</li> <li>- качество выполнения расчетов;</li> <li>- достаточность пояснений.</li> </ul> <p><i>Качество оформления:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- степень соответствия оформления реферата РД 013-2016.</li> </ul> <p><i>Защита РГР:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие ответов поставленным вопросам;</li> <li>- владение материалом.</li> </ul>

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
4. Работа турбин на переменных режимах. 5. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. 6. Конденсационная установка.	3-2(ПК-1-7), 3-2(ПК-2-7)	Конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки);</li> <li>- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).</li> </ul>
	3-2(ПК-1-7), У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7), 3-2(ПК-2-7), У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7)	Задания практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
	3-2(ПК-1-7), У-2(ПК-1-7), Н-2(ПК-1-7), 3-2(ПК-2-7), У-2(ПК-2-7), Н-2(ПК-2-7)	Курсовая работа	<p><i>Содержание работы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание методик расчетов и навык их применения;</li> <li>- полнота выполнения задания;</li> <li>- качество выполнения расчетов;</li> <li>- достаточность пояснений.</li> </ul> <p><i>Качество оформления:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- степень соответствия оформления реферата РД 013-2016.</li> </ul> <p><i>Защита РГР:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие ответов поставленным вопросам;</li> <li>- владение материалом.</li> </ul>

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой в 6 семестре и в форме зачета в 7 семестре.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>6 семестр</b> <i>Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой</i>				
1	Конспект лекций	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 30 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 20 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта. 10 баллов– В конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.
2	Задачи практических занятий	В течение семестра	50 баллов	50 баллов - задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов - задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям 20 баллов - студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты. 0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.
3	Отчеты по лабораторным работам	В течение семестра	50 баллов	50 баллов - студент правильно сделал отчет. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите. 30 баллов - студент сделал отчет с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите. 20 баллов - Студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей. 0 баллов - При выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.
4	Расчетно-графическая работа	17 неделя	60 баллов	60 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, РГР оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 40 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении. 20 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления РГР имеет недостаточный уровень. 0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также не способен пояснить полученный результат.
ИТОГО:		-	200 баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов. До 128 оценка «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов. В диапазоне 129-150 оценка «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов. В диапазоне 151-168 оценка «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов. В диапазоне 169-200 оценка «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				
<b>7 семестр</b>				
<b><i>Промежуточная аттестация в форме зачета</i></b>				
1	Конспект лекций	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 24 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 18 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта. 12 баллов– В конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.
2	Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>30 баллов - задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям</p> <p>20 баллов - студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</p> <p>0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.</p>
ИТОГО:		-	70 баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  Пороговый (минимальный) уровень для аттестации в форме зачета – 75 % от максимально возможной суммы баллов</p>				
	Курсовая работа	В течение семестра	5 баллов	<p>5 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите.</p> <p>4 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите.</p> <p>3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.</p>
ИТОГО:		-	100 баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по курсовой работе:</b>  0 баллов - "неудовлетворительно" (недостаточный уровень);  3 балла - "удовлетворительно" (пороговый (минимальный) уровень);  4 балла - "хорошо" (средний уровень);  5 баллов - "отлично" (высокий (максимальный) уровень)</p>				

## Задания для текущего контроля

Совокупность задач практических занятий и задания к лабораторным работам, а также, задания на курсовую и расчетно-графическую работы дисциплины «Турбины тепловых и атомных электрических станций» сформулирована в методических указаниях:

– Турбины тепловых и атомных электростанций : методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Турбины тепловых и атомных электростанций»: / А.Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре: «КНАГТУ», 2011. – 25 с.

– общий сетевой ресурс (доступ из локальной компьютерной сети ФЭТМТ) \\1.1.1.30\Shared\_Тепловые электрические станции\3 курс\Турбины тепловых и атомных электрических станций (6 семестр).

– общий сетевой ресурс (доступ из локальной компьютерной сети ФЭТМТ) \\1.1.1.30\Shared\_Тепловые электрические станции\4 курс\Турбины тепловых и атомных электрических станций (7 семестр).

### **Примеры типовых практических задач:**

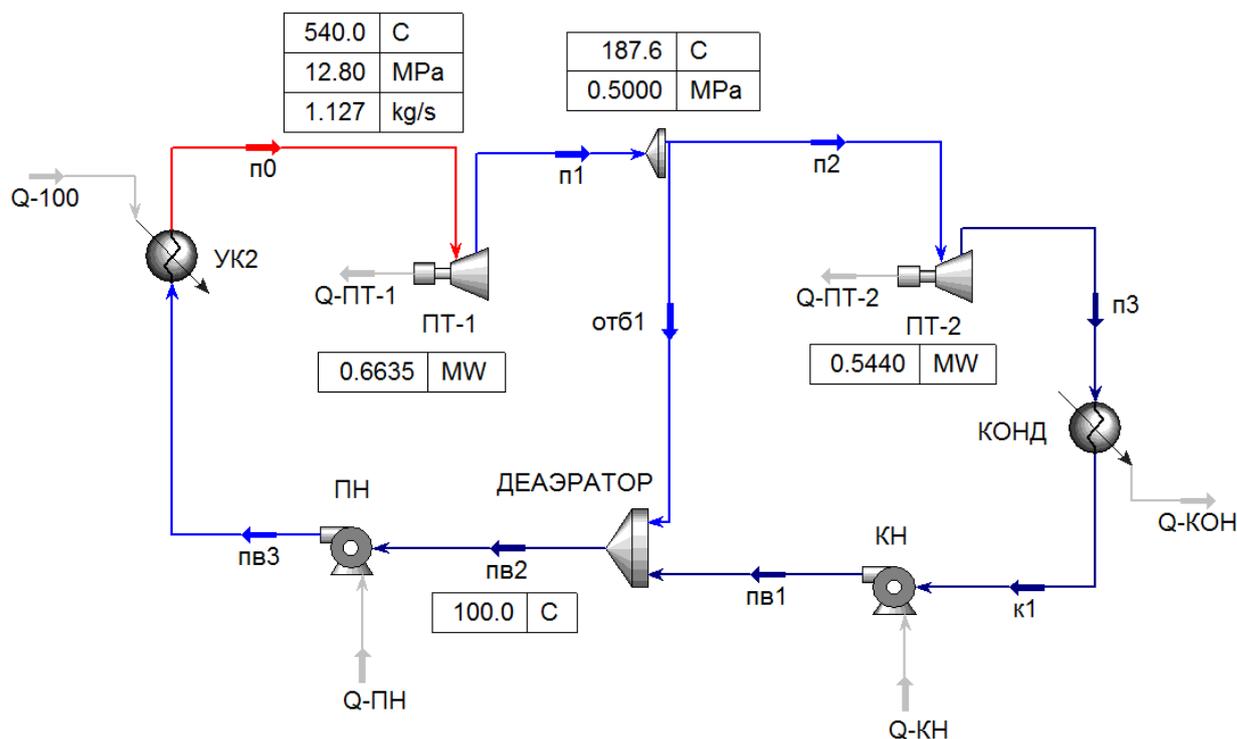
1) В реактивной ступени пар с начальным давлением  $p_0 = 3$  МПа и температурой  $t_0 = 450$  °С расширяется до  $p_1 = 1,6$  МПа. Определить действительную скорость истечения пара из сопла, окружную скорость на середине лопатки и относительную скорость входа пара на лопатки, если скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,96$ , угол наклона сопла к плоскости диска  $\alpha_1 = 16$  °, средний диаметр ступени  $d = 0,9$  м, частота вращения вала турбины  $n = 3000$  об/мин, начальная скорость пара перед соплом  $c_0 = 150$  м/с и степень реактивности ступени  $\rho = 0,12$ .

2) Определить работу 1 кг пара на лопатках реактивной ступени, если располагаемый теплоперепад ступени  $h_0 = 240$  кДж/кг, скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,96$ , скоростной коэффициент лопаток  $\psi = 0,9$ , угол наклона сопла к плоскости диска  $\alpha_1 = 16$ °, отношение окружной скорости на середине лопатки к действительной скорости истечения пара из сопла  $u/c_1 = 0,44$ , относительная скорость входа пара на лопатки  $\omega_1 = 260$  м/с, угол выхода пара из рабочей лопатки  $\beta_2 = \beta_1 - 2$ ° и степень реактивности ступени  $\rho = 0,48$ .

### **Пример типового задания к лабораторной работе:**

Цель: оценить влияние начальных параметров пара паротурбинной установки на к.п.д. цикла.

Задание: на основе математической модели паротурбинной установки со смешивающим регенеративным отбором пара оценить влияние начальных параметров пара (давление, температура) на к.п.д. цикла



**Пример задания к курсовой работе:**

Выполнить расчет турбины с начальными параметрами пара:  $p_0=13$  МПа,  $t_0=550$  °С. Давление на выхлопе турбины  $p_k=0,004$  МПа. Частота вращения ротора  $n=3000$  об/мин. Мощность турбины  $N_e=180$  МВт. Построить чертеж продольный разрез цилиндра высокого давления (формат А1).

*Структура курсового проекта:*

1. Построение рабочего процесса турбины
2. Определение расхода пара на турбину
3. Выбор и расчёт регуливающей ступени
4. Предварительный расчёт нерегулируемых ступеней
5. Тепловой расчет группы активных ступеней паровой турбины
6. Детальный расчет ступеней турбины
7. Определение показателей экономичности работы
8. Чертеж продольного разреза цилиндра турбины

**Пример типового задания к расчетно-графической работе:**

Определить расход пара на турбину. Построить процесс расширения пара в диаграмме I-S.

Расчётная мощность турбины  $N_3=60$  МВт Давление пара перед стопорным клапаном  $p_0=12,8$  МПа Температура пара перед стопорным клапаном  $t_0=550$  °С Давление на выхлопе турбины  $p_k=0,004$  МПа.

### ***Контрольные вопросы к практическим занятиям***

1. Что собой представляет паротурбинный агрегат?
2. В чем принципиальное различие паровых турбин активного и реактивного типа?
3. Из каких основных элементов состоит типичная энергетическая паровая турбина?
4. Из чего состоит валопровод турбоагрегат?
5. Типы уплотнений турбины и места применения.
6. Варианты конструктивного исполнения роторов турбины.
7. Что входит в состав системы регулирования паровой турбины?
8. Чему примерно равен абсолютный теоретический (термический) КПД турбоустановки?
9. В чем принципиальная разница абсолютных и относительных КПД? Какой из них больше?
10. Чем отличается эффективная мощность турбоагрегата от электрической? Какая из них больше?
11. Почему экономически целесообразны ТЭЦ с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии?
12. Расшифруйте обозначения турбины ПТ–60/75–12,8/1,3–2 и К-1000-5,9/25-1.

### ***Контрольные вопросы к защите лабораторных работ***

1. Какие преимущества дает многоцилиндровая компоновка турбины?
2. Какой тип подшипников используется в качестве опор ротора?
3. Перечислите детали проточной части турбины?
4. Перечислите детали регулировочной ступени.
5. Зависит ли КПД регулировочного колеса от количества венцов?
6. Чем отличается активная ступень от реактивной?
7. Расшифруйте марку турбины Т-100-130.
8. Назовите функцию стопорного клапана.
9. Перечислите способы сепарации пара из проточной части ЦНД.
10. Назначение диафрагмы паровой турбины.
11. Какие типы турбин (по назначению) используются в энергетике?
12. Что такое номинальная мощность турбоагрегата?

### ***Контрольные вопросы к защите РГР***

1. Конструкция турбинной ступени активного и реактивного типа.
2. Принцип действия турбинной ступени активного и реактивного типа.

3. Как по внешнему виду профиля сопловой и рабочей лопаток ступени определить, к какой ступени относятся: к активной или реактивной?
4. Какие основные, фундаментальные уравнения используются для газодинамического расчета элементов турбин?
5. Уравнение неразрывности для определения выходного сечения рабочей решетки при сверхзвуковой скорости на выходе из решетки.
6. Что называется конфузорным, безградиентным и диффузорным течением?
7. Как определяются располагаемые теплоперепады ступени и ее решеток?
8. Что такое степень реактивности турбинной ступени и каков ее физический смысл? 9. Что такое параметры торможения и как они определяются?
10. Уравнение для определения критического расхода при заданных параметрах торможения перед решеткой.
11. Уравнение для определения критического расхода при заданных параметрах за решеткой и выходной скорости.
12. Каковы преимущества и недостатки турбинных решеток с расширяющимися каналами?
13. Почему отношение скоростей является определяющей характеристикой эффективности ступени?
14. От каких главных параметров ступени зависит оптимальное отношение скоростей?
15. Какие недостатки у ступени, спроектированной с отрицательной степенью реактивности?

### ***Контрольные вопросы защите курсовой работы***

1. За счет чего создается окружное усилие, действующее на рабочие лопатки?
2. Что такое относительный лопаточный КПД ступени и какие потери энергии он учитывает?
3. Что такое пограничный слой? В чем удобство расчета каналов турбинных решеток с использованием характеристик пограничного слоя?
4. Изобразите эпюры скоростей в пограничном слое при ламинарном и турбулентном режимах. При каком из этих режимов потери от трения будут больше? При каком из этих режимов больше вероятность отрыва пограничного слоя обтекаемой поверхности? Когда и почему при диффузорном течении, происходит отрыв пограничного слоя?
5. Назовите основные геометрические и режимные параметры турбинных решеток.

6. Где больше величина оптимального относительного шага у сопловых или рабочих решеток?

7. В каких случаях можно не учитывать влияние шероховатости поверхности на коэффициент потерь?

8. По каким параметрам подбирается типоразмер решетки? Что означают обозначения решеток С-90-15 В и Р-30-21 А?

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### 8.1 Основная литература

1. Трухний, А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: Учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний, Ломакин Б.В., -М: МЭИ, 2002.- 540 с.Учаев, П.Н. Компьютерные технологии и графика: Атлас / П. Н. Учаев, С. Г. Емельянов, К. П. Учаева, Ю. А. Попов. – Старый Оскол: Изд-во ТНТ, 2015; 2011. -275с.

2. Щинников, П. А. Проектирование одноцилиндровой конденсационной турбины / Щинников П.А. - Новосибир.:НГТУ, 2013. - 83 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. - Загл. с экрана..

### 8.2 Дополнительная литература

1. Паровые и газовые турбины /Под ред Б.М.Трояновского, Г.С.Самойловича.- М.: Энергоатомиздат, 1987.

2. Тихоненков, Б. П. Гидравлические машины. Часть 2. Турбины [Электронный ресурс] : уч. пособие / Б. П. Тихоненков. - М. : МГАВТ, 2005. - 92 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. - Загл. с экрана..

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Электронные образовательные ресурсы КНАГУ  
<https://knastu.ru/page/538>

2. Электронно-библиотечные системы

<http://www.iprbookshop.ru>

<https://e.lanbook.com>

<http://znanium.com>

3. Научная электронная библиотека  
<http://elibrary.ru/defaultx.asp>
4. Архив научных журналов  
<http://arch.neicon.ru/xmlui/>

### **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Промежуточной аттестацией по дисциплине в 6-м семестре является зачет с оценкой. Общая оценка выставляется студенту по сумме баллов текущего контроля знаний, умений и навыков в семестре по результатам выполненных лабораторных работ, практических работ в объеме учебной программы.

Расчетно-графическую работу студенты выполняют самостоятельно. Дополнительно преподаватель назначает консультации для контроля работы студентов, подведения итогов и оказания помощи при выполнении расчетно-графической работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине в 7-м семестре является зачет. Общая оценка «зачтено» выставляется студенту по сумме баллов текущего контроля знаний, умений и навыков в семестре по результатам выполненных практических работ и расчетно-графической работы в объеме учебной программы.

Курсовую работу студенты выполняют самостоятельно. Дополнительно преподаватель назначает консультации для контроля работы студентов, подведения итогов и оказания помощи при выполнении курсовой работы.

### **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Освоение дисциплины «*Турбины тепловых и атомных электрических станций*» основывается на использовании пакета программ *Open Office*, для выполнения отчетов по лабораторным работам, самостоятельной работе и оформления курсовой и расчетно-графической работы.

Практические занятия и курсовая работа выполняются в программе *SMath Studio* (<https://ru.smath.info>).

Графическая часть курсовой работы выполняется в программе *КОМПАС-3D LT* (<http://kompas.ru/kompas-3d-lt>).

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в

университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://knastu.ru/students>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

## **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для реализации программы дисциплины «Турбины тепловых и атомных электрических станций» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
	ВЦ ФЭТМТ, ВЦ КнАГУ	Персональные компьютеры	Выполнение и оформление практических заданий и лабораторных работ. Выполнение и оформление РГР и курсовой работы.
		Локальная вычислительная сеть	Доступ к методическим указаниям, заданиям расчетно-графическим и курсовым работам. Доступ к сайту университета: - личный кабинет студента; - документы СМК. Доступ к международной сети Интернет.
		Мультимедийный экран	Интерактивное проведение занятий

