

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

Г.П. Старинов

04 2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

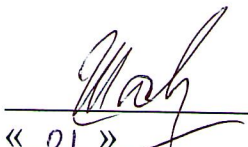
Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций

Направление подготовки	13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника"
Направленность (профиль) образовательной программы	Тепловые электрические станции
Квалификация выпускника	бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2019
Форма обучения	очная
Технология обучения	традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3, 4	6, 7	8

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен Зачет с оценкой Курсовая работа	ТЭУ

Разработчик рабочей программы
доцент, канд. техн. наук, доцент

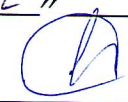

В.И. Шаломов
« 01 » 04 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки


И.А. Романовская
« 02 » 04 2019 г.

Заведующий кафедрой
«ТЭУ»


А.В. Смирнов
« 03 » 04 2019 г.

Декан факультета «ФЭТМТ»


А.В. Космынин
« 04 » 04 2019 г.

Начальник учебно-методического
управления


Е.Е. Поздеева
« 05 » 04 2019 г.

1 Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №143 28.02.2018, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Тепловые электрические станции» по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника".

Задачи дисциплины	1) освоение теоретических основ устройства, работы, проектирования и эксплуатации вспомогательного и тепломеханического оборудования электростанций; 2) формирование умений и навыков выполнения расчётов параметров и выбора нагнетателей (насосов, вентиляторов и компрессоров) и теплообменного оборудования для работы в составе систем электростанций; 3) формирование умений проектирования вспомогательных механизмов и теплообменного оборудования электростанций; 4) выработка умений проведения параметрических испытаний нагнетателей и теплообменного оборудования в условиях лабораторий кафедры; 5) практическая подготовка студентов в лабораторных условиях по правилам обслуживания вспомогательных механизмов ТЭС.
Основные разделы дисциплины	1. Насосные установки ТЭС. 2. Компрессорные машины. 3. Теплообменное оборудование и трубопроводы ТЭС.

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные		
Общепрофессиональные		
Профессиональные		

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	ПК-1.1. Знает методы сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов ПК-1.2. Умеет работать с различными источниками информации и проводить ее анализ ПК-1.3. Владеет навыками сбора и представления информации по проектируемым энергообъектам	Знать основы теории насосов, вентиляторов, компрессоров и теплообменного оборудования. Уметь практически осваивать приёмы изучения, сбора и анализа теоретических, научных и эксплуатационных данных для проектирования ВМ и ТО. проводить экспериментальные исследования и оценивать техническое состояние ВМ и ТО. Владеть навыками поиска и анализа данных для проектирования ВМ и ТО, проведения испытаний нагнетателей и ТО в лабораторных условиях.
ПК-2. Способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	ПК-2.1. Знает методики расчета для проектирования технологического оборудования ПК-2.2. Умеет применять стандартные средства автоматизации проектирования технологического оборудования ПК-2.3. Владеет навыками проведения расчетов при проектировании технологического оборудования	Знать методики расчёта и проектирования вспомогательного и теплообменного оборудования ТЭС. Уметь осуществлять проекторочные расчёты ВМ и ТО. Владеть навыками расчётного, графического и компьютерного проектирования ВМ и ТО.
ПК-7. Готов к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	ПК-7.1. Знает основной технологический цикл производства тепловой и электрической энергии на тепловых электрических станциях, оборудование технологической схемы, способы совершенствования технологических процессов ПК-7.2. Умеет определять способы совершенствования технологических процессов	Знать содержание и организацию технологического цикла производства тепловой и электрической энергии, тепломеханическое и вспомогательное оборудование технологической схемы и способы повышения его эффективности. Уметь определять состояние оборудования, выбирать и обосновывать применение способов совершенствования тех-

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
	ПК-7.3. Владеет навыками расчета тепловых схем электростанций	нологического процесса. Владеть навыками расчёта технологического оборудования и тепловых схем ТЭС.

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» изучается на 3, 4 курсах в 6, 7 семестрах.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Обязательные» и относится к вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Введение в инженерную деятельность», «Учебная практика», «Производственная практика»; «Специальные технологии проектирования теплоэнергетического оборудования», «Специальные компьютерные технологии».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Тепловые и электрические станции», «Основы эксплуатации ТЭС», «Преддипломная практика», подготовка к гос. экзамену, выполнение выпускной работы.

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 з.е., 288 акад. час.

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	
	6 семестр	7 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	68	68
В том числе:		
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	34	34
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	34	34

Объем дисциплины	Всего академических часов	
	6 семестр	7 семестр
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа, включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	76	40
Промежуточная аттестация обучающихся – Экзамен(7сем). Зачет с оценкой (6сем). Курсовая работа(6сем)	36	

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

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1. Насосные установки ТЭС (6 семестр).				
Введение. Общие сведения о насосах.	4			
Параметрические испытания центробежных насосов			2	4
Определение параметров насосов		2		1
Основное уравнение центробежных насосов	4			
Кинематика потока и уравнение Эйлера		2		1
Подобие лопастных насосов	2			
Уравнения подобия насосов		2		
Параметрические испытания центробежных насосов			2	3
Потери в центробежных насосах	2			
Расчёт КПД и мощности центробежных насосов		2		1
Кавитация в центробежных насосах	4			
Определение кавитационных показателей ЦН		2		1
Кавитационные испытания центробежных насосов			2	3
Силы, действующие в центробежном насосе	2			
Характеристики и регулирование работы центробежных насосов	4			
Характеристики центробежного насоса.		2		1
Кавитационные испытания центробежных насосов			2	3
Расчёт и построение характеристик насоса		2		1

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
Осевые насосы	2			
Исследование совместной работы воздуходувок			2	3
Определение параметров насосов		2		1
Исследование совместной работы воздуходувок			2	4
Поршневые насосы	2			
Определение параметров поршневого насоса.		2		1
Роторные насосы.	4			
Снятие рабочих характеристик объёмного насоса			2	4
Струйные насосы	2			
Экспериментальное определение гидравлического сопротивления трубопровода			3	4
Выбор энергетических насосов ТЭС.	4			
Курсовая работа				40
Раздел 2. Компрессорные машины (7-й семестр)				
Термодинамические основы работы компрессоров	4			
Определение параметров компрессоров.		4		1
Центробежные компрессоры	2			
Расчёт ступени центробежного компрессора		2		0,5
Осевые компрессоры	2			
Расчёт ступени осевого компрессора		2		0,5
Поршневые компрессоры	2			
Расчёт основных размеров поршневого компрессора		2		0,5
Исследование влияния давления нагнетания на производительность поршневого компрессора		2		1
Раздел 3. Теплообменное оборудование и трубопроводы ТЭС				
Конденсационные установки	4			
Расчёт параметров и характеристик конденсаторов		4		0,5
Паровоздушные эжекторы.	2			
Испарительные установки (ИУ).	2			
Расчёт производительности ИУ		2		0,5
Деаэрационные установки.	2			
Расчёт деаэратора		2		0,5
Регенеративные подогреватели	4			
Расчёт смешивающего подогревателя		2		0,5

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
Техническое водоснабжение ТЭС				
Расчёт параметров системы водоснабжения		4		0,5
Трубопроводная арматура ТЭС.	2			
Освоение конструкций клапанов и задвижек		2		0,5
Трубопроводы ТЭС	2			
Гидравлический расчёт трубопровода		3		1
Расчёт тепловых потерь трубопровода		2		0,5
Расчётно-графическая работа				32
ИТОГО по дисциплине	68	51	17	116

6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Подготовка к практическим занятиям	16
Выполнение курсовой работы и подготовка к её защите	40
Оформление лабораторных работ и подготовка их к защите	28
Выполнение РГР и подготовка к её защите	32
	116

7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств, применяемых при проведении текущего и промежуточного контроля знаний, навыков и умений, формирующих дисциплинарные компетенции, представлен в таблице 5.

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

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Раздел 1. Насосные установки ТЭС	ПК-1. ПК-2 ПК-7	Отчёты по лабораторным работам.	1) Правильное и аккуратное оформление отчета. 2) Хорошее владение навыками проведения лабораторного эксперимента (подготовки к работе механизмов, считывания показаний с приборов и др.). 3) Полнота и глубина анализа полученных результатов с опорой на теоретические положения.
	ПК-1. ПК-2	Практикум в рабочих тетрадях студентов.	1) Полнота практикума согласно тематике РПД. 2) Последовательный и правильный ход решения задач (заданий). Правильные ответы. 3) Владение навыками и умением применять нужные положения теории в решении практических задач.
	ПК-1 ПК-2	Конспект лекций студента.	1) Полнота конспекта согласно тематике РПД. 2) Аккуратность оформления текста и графического материала. 3) Логическое построение и связность текста.
	ПК-1 ПК-2	Текущий опрос на занятиях.	1) Полнота и глубина ответа на контрольный вопрос. 2) Умение логически и технически грамотно построить ответ.
	ПК-1 ПК-2 ПК-7	Курсовая работа	1) Владение умением применять теоретические знания в выполнении задания КР по рекомендованной методике. 2) Логичность и правильность расчётов. 3) Качество оформления расчётной и графической части. 4) Достаточность пояснений и выводов.

Раздел 2. Компрессорные машины. Раздел 3. Теплообменное оборудование и трубопроводы ТЭС	ПК-1 ПК-2 ПК-7	Практикум в рабочих тетрадах студентов.	1) Полнота практикума согласно тематике РПД. 2) Последовательный и правильный ход решения задач (заданий). Правильные ответы. 3) Владение навыками и умением применять нужные положения теории в решении практических задач.
	ПК-1 ПК-2 ПК-7	Конспект лекций студента.	1) Полнота конспекта согласно тематике РПД. 2) Аккуратность оформления текста и графического материала. 3) Логическое построение и связность текста.
	ПК-1 ПК-2	Текущий опрос на занятиях.	1) Полнота и глубина ответа на контрольный вопрос. 2) Умение логически и технически грамотно построить ответ.
Экзамен	ПК-1 ПК-2.	Расчётно-графическая работа	1) Владение умением применять теоретические знания в выполнении задания РГР по рекомендованной методике. 2) Логичность и правильность расчётов. 3) Качество оформления расчётной и графической части. 4) Достаточность пояснений и выводов.
	ПК-1 ПК-2 ПК-7	Экзаменационные билеты	1) Полнота и глубина ответа на вопрос. 2) Владение умением применять теоретические знания в решении задач. 3) Достаточность пояснений и выводов.

Таблица 6 – Технологическая карта дисциплины

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой _____ 6 _____ семестр			
Отчёты по лабораторным работам	В течение семестра	5	5 баллов: отчёт по ЛР выполнен в полном объеме. Расчёт и графическая часть оформлены правильно и аккуратно. Студент продемонстрировал прочное владение навыками проведения эксперимента и точно ответил на контрольные вопросы 4 балла: отчёт по ЛР выполнен в полном объеме. Расчёт и графическая часть выполнены правильно и аккуратно Студент продемонстрировал хорошее владение навыками проведения эксперимента и ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. 3 балла: отчёт по ЛР выполнен в полном объеме. Расчёт и графическая часть оформлены с устранимыми ошибками. Студент продемонстрировал удовлетворительные навыки проведения эксперимента и не смог полностью объяснить полученные результаты 2 балла: в отчёте по ЛР сделано много расчётных ошибок. Графическая часть выполнена неряшливо, с недоработками. Студент не может объяснить полученные результаты. 0 баллов: работа не выполнена
Практикум в рабочих тетрадях	8-я неделя 17 неделя	5 5	5 баллов: задания выполнены правильно и в полном объеме. Студент демонстрирует свободное владение умением применять теоретические законы в решении практических задач. Точно отвечает на вопросы выборочного контроля. 4 баллов: задания выполнены правильно и в полном объеме. Хорошо владеет умением применять теоретические законы в решении практических задач. Студент отвечает на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. 3 балла: задания выполнены в полном объеме, но встречаются неточности и и расчётные ошибки, устраняемые в ходе проверки. Студент затрудняется в ответах на вопросы. Нуждается в наводящих вопросах преподавателя. 2 балла: студент не выполнил все задания и не может объяснить

				полученные результаты.
	Конспект лекций студента	8-я неделя 17 неделя	5 5	0 баллов: задание не выполнено. 5 баллов: все лекции в наличии. Конспект ведётся аккуратно и понятно. Тексты отличаются логическим построением и связностью. Студент легко ориентируется в пройденном материале. 4 балла: все лекции в наличии. Конспект ведётся понятно и связно. Студент хорошо ориентируется в пройденном материале. 3 балла: все лекции в наличии. Конспект не отличается связностью и аккуратностью. Студент с трудом ориентируется в пройденном материале. 2 балла: много пропущенных лекций. Тексты в конспекте разбираются с трудом. Студент плохо ориентируется в пройденном материале.
	Текущий опрос на занятиях	В течение семестра	5	0 баллов: конспекта лекций нет. 5 баллов: правильный и полный ответ. 4 балла: правильный, но не полный ответ. 3 балла: не полный с наводящими вопросами ответ. 2 балла: ответ не правильный. 0 баллов: ответа нет.
	ИТОГО		30	
Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно»; 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно»; 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо»; 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично».				
	Курсовая работа (КР)	17 неделя	5	5 баллов: в КР содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления ПЗ и графической части соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы. 4 балла: в КР достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления ПЗ и графической части соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы.

				3 балла: в КР достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления ПЗ и графической части в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы 2 балла: в КР не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления ПЗ и графической части не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы. 0 баллов: КР не предъявлена к проверке в установленное графиком время.
семестр <u>7</u> Промежуточная аттестация в форме экзамена				
Практикум в рабочих тетрадях	8-я неделя 17 неделя	5	5	5 баллов: задания выполнены правильно и в полном объеме. Студент демонстрирует свободное владение умениями применять теоретические законы в решении практических задач. Точно отвечает на вопросы выборочного контроля. 4 баллов: задания выполнены правильно и в полном объеме. Хорошо владеет умениями применять теоретические законы в решении практических задач. Студент отвечает на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. 3 балла: задания выполнены в полном объеме, но встречаются неточности и и расчётные ошибки, устраняемые в ходе проверки. Студент затрудняется в ответах на вопросы. Нуждается в наводящих вопросах преподавателя. 2 балла: студент не выполнил все задания и не может объяснить полученные результаты. 0 баллов: задание не выполнено
Конспект лекций студента	8-я неделя 17 неделя	5	5	5 баллов: все лекции в наличии. Конспект ведётся аккуратно и понятно. Тексты отличаются логическим построением и связностью. Студент легко ориентируется в пройденном материале. 4 балла: все лекции в наличии. Конспект ведётся понятно и связно. Студент хорошо ориентируется в пройденном материале.

				3 балла: все лекции в наличии. Конспект не отличается связностью и аккуратностью. Студент с трудом ориентируется в пройденном материале. 2 балла: много пропущенных лекций. Тексты в конспекте разбираются с трудом. Студент плохо ориентируется в пройденном материале. 0 баллов: конспекта лекций нет.
	Текущий опрос на занятиях	В течение семестра	5	5 баллов: правильный и полный ответ. 4 балла: правильный, но не полный ответ. 3 балла: не полный с наводящими вопросами ответ. 2 балла: ответ неправильный. 0 баллов: ответа нет.
	Расчётно-графическая работа	17 неделя	5	5 баллов: задание выполнено в полном объеме. Расчёт и графическая часть выполнены правильно и аккуратно. Студент точно ответил на контрольные вопросы 4 балла: задание выполнено в полном объеме. Расчёт и графическая часть выполнены правильно и аккуратно Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения 3 балла: задание выполнено в полном объеме. Расчёт и графическая часть выполнены с устранимыми ошибками. Студент не может полностью объяснить полученные результаты 2 балла: студент не выполнил задания РГР и не может объяснить полученные результаты. 0 баллов: задание не выполнено.
Текущая аттестация:			25 баллов	
Экзамен:			5	5 баллов: студент правильно ответил на теоретические вопросы и выполнил практическое задание билета. Показал отличные знания и умения в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы. 4 балла: студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями и хорошо выполнил практическое задание билета. Показал хорошие знания учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов. 3 балла: студент ответил на теоретические вопросы билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания и умения в рамках учебного материала. При ответах на

				дополнительные вопросы было допущено много неточностей. 2 балла: при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. С практическим заданием не справился. 0 баллов: студент не готов к экзамену
ИТОГО:		-	5 баллов	
Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно»; 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно»; 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо»; 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично».				

Задания для текущего контроля

Вопросы для контрольного опроса на занятиях

Тема «Основное уравнение центробежных насосов»

- 1) Приведите примеры применения центробежных насосов на ТЭС и АЭС.
- 2) Дайте характеристику видам движения жидкости в РК насоса.
- 3) Раскройте физический смысл слагаемых энергетического уравнения теоретического напора.
- 4) Каковы формы и типы лопастей рабочего колеса центробежного насоса?

Тема «Подобие лопастных насосов»

- 5) Дайте определение коэффициенту быстроходности.
- 6) Сформулируйте правило подобия лопастных насосов по коэффициенту быстроходности.

Тема «Кавитация в центробежных насосах»

- 7) Что называется кавитацией?
- 8) Дайте определение кавитационному запасу.

Тема «Характеристики и регулирование центробежных насосов»

- 9) Что называется характеристикой центробежного насоса?
- 10) Какая характеристика называется рабочей?
- 11) Перечислите способы регулирования подачи центробежных насосов.

Тема «Термодинамические основы работы компрессоров»

- 12) Назовите примеры применения компрессоров на ТЭС.
- 13) Перечислите основные уравнения компрессорного процесса.

Тема «Центробежные компрессоры»

- 14) Назовите основные элементы ступени центробежного компрессора и дайте их назначение.
- 15) Каким образом охлаждаются ступени компрессора?

Тема «Осевые компрессоры»

- 16) Как происходит преобразование энергии в элементах осевого компрессора?
- 17) Почему в многоступенчатом компрессоре затрачивается работы больше, чем сумма работ в отдельных ступенях?

Тема «Поршневые компрессоры»

- 18) Какое влияние «мёртвый» объём оказывает на производительность компрессора и почему?
- 19) Перечислите внутренние потери энергии в компрессоре?

Комплект типовых заданий для практикума

6 семестр

Тема «Основные параметры насосов».

Задача 1. Определить мощность насоса, подающего $350 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды при давлении в напорном трубопроводе $p_n = 4,5 \text{ кгс/см}^2$, в приёмном трубопроводе $p_v = 0,5 \text{ кгс/см}^2$, если КПД насоса $\eta = 0,82$.

Задача 2. Центробежный насос подаёт $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды. Манометр на нагнетательном патрубке показывает $p_m = 2,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$, вакуумметр $p_{\text{вак}} = 0,34 \cdot 10^5 \text{ Па}$; расстояние между манометром и точкой присоединения вакуумметра $0,6 \text{ м}$; КПД насоса $\eta = 0,62$. Определить мощность на валу центробежного насоса.

Задача 3. Определить мощность насоса, подающего $350 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды при давлении в напорном трубопроводе $p_n = 4,5 \text{ кгс/см}^2$, в приёмном трубопроводе $p_v = 0,5 \text{ кгс/см}^2$, если КПД насоса $\eta = 0,82$.

Задача 4. Центробежный насос подаёт $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды. Манометр на нагнетательном патрубке показывает $p_m = 2,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$, вакуумметр $p_{\text{вак}} = 0,34 \cdot 10^5 \text{ Па}$; расстояние между манометром и точкой присоединения вакуумметра $0,6 \text{ м}$; КПД насоса $\eta = 0,62$. Определить мощность на валу центробежного насоса.

7 семестр

Тема «Основные параметры компрессоров»

Задача 1. Производительность воздушного компрессора при нормальных условиях $600 \text{ м}^3/\text{ч}$. Чему равна массовая производительность компрессора?

Задача 2. Воздушный компрессор всасывает воздух объемом $500 \text{ м}^3/\text{ч}$, давлением $0,1 \text{ МПа}$ при температуре 17°C . Поступивший в цилиндр воздух адиабатно сжимается до давления $0,9 \text{ МПа}$. Найти конечную температуру сжатия и подводимую теоретическую мощность.

Задача 3. Расход газа в одноступенчатом компрессоре составляет $30 \text{ м}^3/\text{мин}$. при давлении $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$. При сжатии температура газа повышается на 200°C . Сжатие происходит по политропе с показателем $n = 1,32$. Определить конечное давление, работу сжатия, теоретическую мощность, отведённую теплоту. Газ – кислород.

Темы заданий для курсового проектирования в 6-м семестре

- 1) Проектирование центробежного насоса.
- 2) Расчёт параметров и выбор энергетических насосов основного цикла ТЭС.

Темы заданий для расчётно-графической работы в 7-м семестре

- 1) Расчёт параметров и выбор тягодутьевых машин.
- 2) Расчёт конденсатора паровой турбины

Типовые контрольные вопросы для собеседования по курсовой работе в 6-м семестре

- 1) Какие насосы называются центробежными?
- 2) В чем заключается принцип действия центробежного насоса?
- 3) Какие насосы называются многопоточными, а какие многоступенчатыми? Приведите примеры на ТЭС.
- 4) Для чего предназначены питательные, конденсатные, циркуляционные и сетевые насосы?
- 5) Какие технические показатели, характеризующие экономичность насоса, как они определялись в работе?

- 6) Что такое коэффициент быстроходности насоса и как он влияет на его экономичность?
- 7) С какой целью применяется в расчете угол атаки для входной кромки лопасти рабочего колеса?
- 8) В чем заключается способ построения меридианного сечения рабочего колеса с цилиндрическими лопастями?
- 9) Каким образом выполнено построение средней линии сечения лопасти рабочего колеса?
- 10) Какова причина появления перетечек жидкости через переднее уплотнение рабочего колеса?
- 11) В чем заключается причина появления кавитации в рабочем колесе центробежного насоса?
- 12) Как кавитация влияет на параметры насоса, и каковы её последствия?
- 13) Что такое допустимый кавитационный запас?
- 14) Как осуществляется выбор лопастного насоса по расчетным данным?
- 15) Каковы особенности эксплуатации применяемого вами насоса в составе энергоблока?

Типовые контрольные вопросы для собеседования по расчётно-графической работе в 7-м семестре

- 1) В чём заключается назначение тягодутьевых машин котлоагрегатов?
- 2) Как классифицируются вентиляторы?
- 3) Объясните принцип действия центробежного вентилятора.
- 4) Расскажите о принципе действия осевого вентилятора.
- 5) Какие факторы влияют на производительность дутьевого вентилятора и дымососа?
- 6) Каким образом происходят присосы воздуха в газоходы котла?
- 7) Каковы способы выбора котельных вентиляторов?
- 8) Перечислите способы регулирования работы котельных вентиляторов.
- 9) Дайте краткую характеристику современным способам регулирования работы котельных вентиляторов.
- 10) Какие приводы могут применяться для котельных вентиляторов?

Задания для промежуточной аттестации (экзамен в 7 семестре)

Типовые контрольные вопросы к экзамену

- 1) Основные параметры, классификация и область применения компрессоров в теплоэнергетике.
- 2) Уравнение энергии компрессорного процесса. Физический смысл его составляющих.
- 3) Работа, затрачиваемая на сжатие в охлаждаемых и неохлаждаемых компрессорных машинах.
- 4) КПД и мощность различных типов компрессоров.
- 5) Многоступенчатое сжатие.
- 6) Сверхзвуковые компрессоры.
- 7) Параметры торможения.
- 8) Конструктивная схема и рабочий процесс центробежного компрессора. Анализ изменения параметров газа по тракту компрессора.
- 9) Кинематика потока газа в рабочем колесе центробежного компрессора. Степень реактивности ступени.

- 10) Потери энергии в центробежной ступени. Уравнение работы рабочего колеса компрессора.
- 11) Конструктивная схема и рабочий процесс осевого компрессора. Анализ изменения параметров газа по тракту компрессора.
- 12) Параметры элементарной ступени осевого компрессора. КПД и работа.
- 13) Характеристики лопастных компрессорных машин (центробежной и осевой ступени).
- 14) Способы регулирования лопастных компрессоров.
- 15) Схема, состав и назначение элементов конденсационной установки.
- 16) Технические показатели и основные расчетные уравнения поверхностного конденсатора.
- 17) Назначение, параметры и принцип действия паровоздушного эжектора.
- 18) Типы испарителей. Достоинства и недостатки. Области применения.
- 19) Назначение и принцип работы кипящего испарителя.
- 20) Возможные варианты схем включения испарителя в тепловую схему ПТУ. Достоинства и недостатки схем.
- 21) Испарители мгновенного вскипания. Конструктивная схема и принцип работы испарителя.
- 22) Типы деаэраторов. Назначение и принцип работы деаэратора.
- 23) Схемы включения деаэраторов в тепловую схему ТЭС

Типовые задачи к экзамену

1) Определить кратность охлаждения конденсатора, если пар поступает в конденсатор при давлении 3,5 кПа со степенью сухости 0,91. Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор 11 °С, а температура выходящей воды на 5 °С ниже температуры насыщенного пара в конденсаторе.

2) Конденсационная турбина работает при начальных параметрах пара – давлении 3,5 МПа, температуре 435 °С и давлении пара в конденсаторе 4 кПа. Определить тепловую нагрузку конденсатора, если расход конденсируемого пара 12 кг/с и относительный внутренний КПД турбины 0,76.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Основная литература

1 Черкасский, В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учебник для теплоэнергетических специальностей вузов / В.М. Черкасский. - М.: Энергия, 1977.- 424 с.

2 Михайлов, А.К. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование /А.К. Михайлов, В.В. Малюшенко. - М.: Машиностроение, 1977.

3 Рихтер, Л.А. Вспомогательное оборудование электростанций: учеб. пособие для вузов /Л.А. Рихтер, Д.П. Елизаров, В.М. Лавыгин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.

4 Кудинов, А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование: учеб. Пособие /А.А. Кудинов. – М.: НИЦ ИНФА-М, 2014.- 432 с. // «ZNANIUM.COM»: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com>.

8.2 Дополнительная литература

5 Бажан, П.И. Справочник по теплообменным аппаратам / П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов. – М.: Машиностроение, 1989. – 365 с.

6 Космынин, А. В. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы в примерах и задачах: учебное пособие / О. А. Красильникова, В. С. Виноградов.- Комсомольск-на-Амуре.: ГОУВПО «КНАГТУ», 2002.- 199 с.

7 Малошенко, В.В. Энергетические насосы: справочное пособие / В.В. Малошенко, А.К. Михайлов. - М.: Энегоиздат, 1981. – 200 с.

8 Панкратов, Г.П. Сборник задач по теплотехнике: учебное пособие / Г.П. Панкратов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 248 с.

9 Назмеев, Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС: учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., дополненное / Ю.Г. Назмеев, В.М. Лавыгин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 169 с.

10 РД ФГБОУ ВО «КНАГТУ» 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления».- 50 с.

8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. Параметрические испытания центробежного насоса: методические указания к лабораторной работе / сост. В.И. Шаломов. - Комсомльск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2006.- 10 с.

2 Снятие рабочих характеристик объемного насоса: методические указания к лабораторной работе / сост. В.И.Шаломов. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2005. - 9 с.

3. Кавитационные испытания объемного насоса: методические указания к лабораторной работе / сост. В.И. Шаломов. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2008.- 9 с.

4 Кавитационные испытания центробежного насоса: методические указания к лабораторной работе / сост. В.И. Шаломов.- Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2006.- 10 с.

5 Испытание котельного вентилятора: методические указания к лабораторной работе /сост. В.И. Шаломов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2005.- 8 с.

6 Исследование совместной работы воздуходувок: методические указания к лабораторной работе / сост. В.И. Шаломов. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2005.- 7 с.

7 Гидравлический расчет рабочего колеса центробежного насоса: методические указания к расчётно-графическому заданию / сост. В.И. Шаломов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2010.- 16 с.

8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1 Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM. Договор ЕП 44 № 003/10 эбс ИКЗ 191272700076927030100100120016311000 от 17 апреля 2019 г.

2 Электронно-библиотечная система IPRbooks. Лицензионный договор № ЕП44 № 001/9 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks ИКЗ 191272700076927030100100090016311000 от 27 марта 2019г.

3 Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU. Договор № ЕП 44 № 004/13 на оказание услуг доступа к электронным изданиям ИКЗ
191272700076927030100100150016311000 от 15 апреля 2019 г.

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

«Национальный исследовательский университет МЭИ» - сайт – mpei.ru.

Всероссийский теплотехнический институт (ВТИ) – сайт - vti.ru

ОАО «Научно-производственное объединение Центральный котло-турбинный институт» - сайт – skti.ru.

Уральский турбинный завод – сайт – utz.ru

Ленинградский металлический завод – сайт – lmz.spb-spr.ru

8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 7 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: https://www.openoffice.org/license.html

9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) — русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Перед выполнением обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель может проводить инструктаж по выполнению задания. В инструктаж включается:

- цель и содержание задания;
- сроки выполнения;
- ориентировочный объем работы;
- основные требования к результатам работы и критерии оценки;
- возможные типичные ошибки при выполнении.

Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

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

9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 8 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
131/2	Лаборатория ТЭУ	Экспериментальная насосная установка для параметрических и кавитационных испытаний центробежного насоса. Стенд для исследования совместной работы воздухоуловк Стенд для снятия рабочих характеристик объёмного насоса Стенд для экспериментального определения гидравлического сопротивления трубопровода
131/2	Лаборатория ТЭУ	Действующие и разрезные образцы механизмов.
211/2а 228/3	Компьютерный класс кафедр ТЭУ.ВЦ ФЭТМТ	Персональные компьютеры.

10.2 Технические и электронные средства обучения

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная стационарным проектором для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий применяется компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

11 Иные сведения

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.