

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Дзержинский политехнический институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ А.М.Петровский

“ 10 ” июня _____ 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.30 Техническая термодинамика и теплотехника

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Направленность: Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств

Форма обучения: очная, заочная

Год начала подготовки 2024

Выпускающая кафедра Технологическое оборудование и транспортные системы

Кафедра-разработчик Химические и пищевые технологии

Объем дисциплины 180/5
часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: к.т.н., доцент Г.В. Пастухова

Дзержинск, 2024

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 09 августа 2021 года № 728 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от __05.06.2024__ № __10__

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД «Технологическое оборудование и транспортные системы»

протокол от __10.06.2024__ № __8__

Зав. кафедрой д.х.н, профессор

_____ О.А. Казанцев
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Технологическое оборудование и транспортные системы

к.т.н, доцент

_____ В.А. Диков
(подпись)

Начальник ОУМБО

_____ И.В. Старикова
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО: 15.03.02 - 30

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	7
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	15
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	19
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	20
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	21
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	21
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	23
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	25

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является изучение термодинамических основ технологических процессов.

1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля):

- применение термодинамических основ при расчетах и проектировании технологических процессов;
- знание теплотехнического оборудования технологий.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина Техническая термодинамика и теплотехника включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля).

Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: физика, математика, химия, механика жидкости и газа.

Дисциплина Техническая термодинамика и теплотехника является основополагающей для изучения следующих дисциплин: процессы и аппараты химической технологии, машины и аппараты химических производств.

Рабочая программа дисциплины Техническая термодинамика и теплотехника для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1

Формирование компетенций ОПК-1 и ОПК-6 дисциплинами

Код компетенции	Названия дисциплин, модулей, участвующих в формировании компетенции	Курсы / семестры обучения							
		1 курс семестр		2 курс семестр		3 курс семестр		4 курс семестр	
		1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-1	Математика								
	Органическая химия и биохимия								
	Физика								
	Химия								
	Компьютерное моделирование и прототипирование								
	Теоретическая механика								
	Механика жидкости и газа								
	Электротехника и электроника								
Процессы и аппараты химической технологии									

	Техническая термодинамика и теплотехника								
	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР								
ОПК-6	Техническая механика								
	Механика жидкости и газа								
	Инженерная графика								
	Техническая термодинамика и теплотехника								
	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР								

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-1 – Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Использует естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности	Знать: основные законы термодинамики, общие термодинамические свойства макроскопических систем и способы передачи и превращения энергии в таких системах для решения практических задач в своей профессиональной деятельности; методы решения термодинамических задач	Уметь: применять методы и законы технической термодинамики и теплотехники для решения практических задач	Владеть: методами и законами технической термодинамики для решения практических задач.	Тестирование в системе MOODLE. (3 тестирования, в базе каждого тестирования 100-110 вопросов), собеседование и отчеты при сдаче лабораторных работ	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)
ОПК-6 – Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ИОПК-6.1. Осуществляет поиск необходимой информации с применением информационно-коммуникационных технологий и использует эту информацию в профессиональной деятельности	Знать: основные базы данных термодинамических свойств веществ и методы работы с ними	Уметь: использовать базы данных термодинамических свойств веществ при решении задач профессиональной деятельности	Владеть: методикой научно-технического поиска и анализа информации	Тестирование в системе MOODLE. (3 тестирования, в базе каждого тестирования 100-110 вопросов), собеседование и отчеты при сдаче лабораторных работ	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед./180 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 3 и 4.

Формат изучения дисциплины: с использованием элементов электронного обучения.

Таблица 3

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		5
7. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего) , в том числе:	57	57
1.1. Аудиторные занятия (всего) , в том числе:	51	51
- лекции (Л)	34	34
- лабораторные работы (ЛР)	17	17
- практические занятия (ПЗ)	-	-
- практикумы (П)	-	-
1.2. Внеаудиторные занятия (всего) , в том числе:	6	6
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	2	2
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению РГР - по выполнению КР - по составлению реферата, доклада, эссе	-	-
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)	87	87
Вид промежуточной аттестации экзамен	36	36
Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы	180/5	180/5

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по курсам
для студентов заочной формы обучения**

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		3
7. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:	23	23
1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:	16	16
- лекции (Л)	8	8
- лабораторные работы (ЛР)	8	8
- практические занятия (ПЗ)	-	-
- практикумы (П)	-	-
1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:	7	7
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	2	2
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению РГР - по выполнению КР - по составлению реферата, доклада, эссе	1	1
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)	148	148
Вид промежуточной аттестации экзамен	9	9
Общая трудоёмкость, часы/зачетные единицы	180/5	180/5

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблицах 5 и 6.

Таблица 5

Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: УК, ОПК, ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
5 семестр									
ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1	Тема 1.1 Введение: предмет и метод термодинамики.	2	-	-	3	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 6-11, 11-16, 52-67, 112-115, 130-133, 167-170. 6.1.2: 14-37, 37-54, 137-164, 54-72	Тестирование в системе MOODLE		
	Тема 2.1 Первый закон термодинамики	2	-	-	5				
	Тема 3.1 Второй закон термодинамики. Круговые процессы	4	-	-	8				
	Тема 4.1 Определение теплоты процесса	2	-	-	6				
	Тема 4.1 Лабораторная работа 1. Определение теплопроводности сыпучего материала		4		5	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.3:С. 306-323, 6.2.1: С. 5-19	Собеседование		
Тема 4.1 Лабораторная работа 2.		4		5	Подготовка отчета о	Собеседование			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: УК, ОПК, ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха/Исследование теплоотдачи от поверхности вертикальной трубы при свободном движении воздуха					лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.36 С.348-375, 6.2.1: С. 19-39			
	Тема 4.1 Лабораторная работа 3. Определение коэффициента теплового излучения и степени черноты твердого тела		4		5	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы 6.1.3: 402-415, 6.2.1: С. 39-49	Собеседование		
	Тема 4.1 Лабораторная работа 4. Определение коэффициента теплопередачи		5		5	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.36 С.326-332, 335, 6.2.1: С. 50-59	Собеседование		
	Тема 5.1 Термодинамические процессы идеального газа в технике	2	-	-	5	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: 23-29, 29-41, 41-50, 81-89, 90-100. 6.1.2: 72-90, 90-124, 170-173, 125-	Тестирование в системе MOODLE		
	Тема 6.1 Термодинамические процессы реальных газов	4	-	-	7				
	Тема 7.1 Применение первого закона термодинамики для открытых систем	4	-	-	7				
	Тема 8.1 Циклы паросиловых и газотурбинных установок	2	-	-	5				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: УК, ОПК, ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
					137				
	Тема 9.1 Анализ необратимых процессов.	2	-	-	4	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: 53-59, 72-81, 312-317. 6.1.2: 165-168, 194-208	Тестирование в системе MOODLE		
	Тема 10.1 Эксергетический анализ термодинамических систем	2	-	-	4				
	Тема 11.1 Получение тепловой энергии	2	-	-	4				
	Тема 12.1 Котлоагрегаты в химической промышленности	2	-	-	3				
	Тема 13.1 Вторичные энергетические ресурсы в химической промышленности	2	-	-	3				
	Тема 14.1 Энерго-химико-технологические системы	2	-	-	3				
	Самостоятельная работа				87				
	ИТОГО по дисциплине	34	17	-	87				

Таблица 6

Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов заочного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
3 курс									
ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1	Тема 1.1 Введение: предмет и метод термодинамики.	0,4	-	-	8	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение контрольной работы. 6.1.1: С. 6-11, 11-16, 52-67, 112-115, 130-133, 167-170. 6.1.2: 14-37, 37-54, 137-164, 54-72	Тестирование в системе MOODLE**		
	Тема 2.1 Первый закон термодинамики	0,8	-	-	10				
	Тема 3.1 Второй закон термодинамики. Круговые процессы	1	-	-	15				
	Тема 4.1 Определение теплоты процесса	0,8	-	-	8				
	Тема 4.1 Лабораторная работа 1.* Определение теплопроводности сыпучего материала		4		8	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.3: 306-323, 6.2.1: С. 5-19	Собеседование		
	Тема 4.1 Лабораторная работа 2.* Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха/Исследование		4		8	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию	Собеседование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	теплоотдачи от поверхности вертикальной трубы при свободном движении воздуха					при сдаче лабораторной работы. 6.1.3: С.348-375, 6.2.1: С. 19-39			
	Тема 4.1 Лабораторная работа 3.* Определение коэффициента теплового излучения и степени черноты твердого тела				8	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.3: С. 402-415, 6.2.1: С. 39-49	Собеседование		
	Тема 4.1 Лабораторная работа 4.* Определение коэффициента теплопередачи				8	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.3: С. 326-332, 335. 6.2.1: С. 50-59	Собеседование		
	Тема 5.1 Термодинамические процессы идеального газа в технике	0,6	-	-	10	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнению контрольной работы. 6.1.1: 23-29, 29-41, 41-50, 81-89, 90-100. 6.1.2: 72-90, 90-124, 170-173,	Тестирование в системе MOODLE**		
	Тема 6.1 Термодинамические процессы реальных газов	0,8	-	-	10				
	Тема 7.1 Применение первого закона термодинамики для открытых систем	0,8	-	-	10				
	Тема 8.1 Циклы паросиловых и газотурбинных установок	0,6	-	-	10				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						125-137			
	Тема 9.1 Анализ необратимых процессов.	0,4	-	-	6	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение контрольной работы. 6.1.1: 53-59, 72-81, 312-317. 6.1.2: 165-168, 194-208	Тестирование в системе MOODLE**		
	Тема 10.1 Эксергетический анализ термодинамических систем	0,4	-	-	6				
	Тема 11.1 Получение тепловой энергии	0,4	-	-	6				
	Тема 12.1 Котлоагрегаты в химической промышленности	0,4	-	-	6				
	Тема 13.1 Вторичные энергетические ресурсы в химической промышленности	0,3	-	-	6				
	Тема 14.1 Энерго-химико-технологические системы	0,3	-	-	5				
	Самостоятельная работа				148				
	ИТОГО по дисциплине	8	8	-	148				

*- выполняется две работы из четырех по указанию преподавателя, собеседование проводится по вопросам для всех лабораторных работ

**-тестирование в системе Moodle однократно по всем темам курса

5 ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

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

Тесты, проводимые на электронной платформе Moodle на сайте ДПИ НГТУ по адресу: <http://dpingtu.ru/Moodle>.

Вопросы для собеседования при сдаче отчетов по лабораторным работам (пример).

Лабораторная работа «Определение теплопроводности сыпучего материала»

1. Виды теплообмена.
2. Как осуществляется перенос тепла теплопроводностью в веществах разного агрегатного состояния?
3. Температурное поле, уравнение температурного поля в общем виде.
4. Уравнения стационарного и нестационарного одномерного температурного поля.
5. Что такое изотермическая поверхность?
6. Градиент температуры и его математическая интерпретация.
7. Формулировка и математическая запись закона Фурье.
8. Что такое тепловой поток и плотность теплового потока?
9. Физический смысл теплопроводности, теплопроводность веществ и факторы, влияющие на теплопроводность.
10. Теплоизоляционные материалы.
11. Определение плотности теплового потока через плоскую стенку, термическое сопротивление плоской однородной стенки.
12. По какому закону изменяется температура в однородной плоской стенке при постоянной теплопроводности материала стенки?
13. Что представляют собой изотермические поверхности в неограниченной плоской стенке?
14. Определение плотности теплового потока через многослойную плоскую стенку, термическое сопротивление многослойной плоской однородной стенки.
15. Нарисовать график изменения температуры по толщине многослойной плоской стенки и определить слой, теплопроводность которого минимальна.
16. Определение плотности теплового потока через цилиндрическую стенку, термическое сопротивление цилиндрической однородной стенки.
17. По какому закону изменяется температура в однородной цилиндрической стенке при постоянной теплопроводности материала стенки?
18. Что представляют собой изотермические поверхности в неограниченной цилиндрической стенке?

Пример задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы

1. Дутьевой вентилятор подает в топку парового котла $102000 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при температуре 300°C и давлении $20,7 \text{ кПа}$. Давление воздуха измеряется вакууметром. Барометрическое давление воздуха в помещении $100,7 \text{ кПа}$. Определить часовую производительность вентилятора при нормальных условиях.

2. Найти количество теплоты, необходимое для нагрева 1 м^3 (при нормальных условиях) газовой смеси состава (по объему): $\text{CO}_2 - 14,5\%$, $\text{O}_2 - 6,5\%$, $\text{N}_2 - 79,0\%$ от 200 до 1200°C при постоянном давлении. Зависимость теплоемкости от температуры считать нелинейной.

3. 1 кг азота сжимается по адиабате так, что его объем уменьшается в 6 раз, а затем при постоянном объеме давление повышается в 1,5 раза. Найти общее изменение энтропии. Теплоемкость считать постоянной.

4. Найти количество теплоты, затрачиваемой на получение 5000 кг/ч водяного пара при давлении 1,8 Мпа и степени сухости 0,9, если температура питательной воды равна 40 °С.

5. Паровая турбина мощностью 25 МВт работает при начальных параметрах $p_1=3,5$ Мпа и $t_1=400$ °С. Конечное давление пара $p_2=0,004$ Мпа. Определить часовой расход топлива при полной нагрузке паровой турбины, если к.п.д. котельной установки $\eta_{к.у}=0,82$, теплота сгорания топлива $\Theta_{н^p}=41870$ кДж/кг, а температура питательной воды равна 88 °С. Считать, что турбина работает по циклу Ренкина.

Пример задания для контрольной работы для обучающихся заочной формы

1. I закон термодинамики для закрытой системы. Внутренняя энергия и энтальпия термодинамической системы.
2. h, s диаграмма водяного пара. Изобарный процесс получения перегретого водяного пара.
3. Во сколько раз больше воздуха (по массе) вмещает резервуар при 10°С, чем при 50 °С, если давление остается неизменным?
4. В регенеративном подогревателе газовой турбины воздух нагревается от 150 до 600 °С. Найти количество теплоты, сообщенное воздуху в единицу времени, если расход его составляет 400 кг/час. Зависимость теплоемкости от температуры принять нелинейной.
5. Найти диаметр паропровода, по которому протекает пар при давлении 1,2Мпа и температуре 260 °С. Расход пара составляет 350 кг/час, скорость пара 50 м/с.
6. В результате осуществления кругового процесса получена работа, равная 80 кДж, а отдана охладителю 50 кДж теплоты. Определить термический к.п.д. цикла.

Перечень вопросов к экзамену по дисциплине Б1.Б.30 «Техническая термодинамика и теплотехника»

-основы термодинамического анализа: понятия термодинамической системы, параметров термодинамического состояния и термодинамического процесса; энтальпии, располагаемой работы;

-виды теплопереноса и определение теплоты по уравнениям теории теплопередачи; определение теплоты из уравнения энергобаланса, определение теплоты через термические координаты: абсолютную температуру и энтропию

-определение теплоты через теплоёмкость процесса; виды теплоёмкостей; формулу Майера;

-виды энергоносителей и основные процессы с ними; основные соотношения и базовые процессы идеального газа;

-исследование политропных процессов идеального газа;

-основные термодинамические свойства реальных газов и паров;

-основные термодинамические характеристики водяного пара, основные процессы с водяным паром;

-методы термодинамического анализа процессов преобразования энергии и анализ термодинамических процессов в открытых системах;

-применение первого закона термодинамики для потока к различным видам теплотехнического оборудования; термодинамический анализ работы компрессора, турбины;

-учение Карно о тепловых машинах; формулировки второго закона термодинамики, связанные с вопросами преобразования..теплоты в работу;

-циклы тепловых машин, прямые циклы, обратные циклы. Понятия и основные характеристики термодинамической эффективности работы холодильных машин и тепловых насосов;

-базисный цикл ПТУ (Ренкина), схема соответствующей установки; выражение и вывод КПД цикла Ренкина;

-виды и анализ типичных необратимых процессов; потеря полезной работы в диссипативных (термодинамически необратимых) процессах; пути уменьшения этих потерь;

-натурфилософский аспект принципа возрастания энтропии;

-эксергия, виды эксергии, эксергетический баланс и эксергетический к.п.д.;

-энерго-химико-технологические агрегаты, примеры использования в химической промышленности;

-вторичные энергоресурсы, использование вторичных энергоресурсов для выработки разных видов энергии; котлы-утилизаторы и их применение в химической промышленности;

-топливо, виды топлива и его характеристики; расчеты объема воздуха, необходимого для сгорания топлива и температуры и объема отходящих газов; тепло- и парогенераторы.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся очной формы и традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся заочной формы. Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине

Виды работ	Количество подвидов работы	Максимальные баллы за подвид работы				Штрафные баллы За нарушение сроков сдачи
		1	2	3	4	
Тестирование	3	10	10	10	-	
Выполнение лабораторных работ	4	9	9	9	9	
- оформление отчетов		2	2	2	2	
- сдача коллоквиумов		7	7		9	
Выполнений заданий для самостоятельной работы	5x5					До 2 за задание
Посещение занятий	9					

Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-1 – Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности ОПК-6 – Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры применением информационно-коммуникационных технологий	ИОПК-1.1. Использует естественнонаучные и инженерные знания в профессиональной деятельности ИОПК-6.1. Осуществляет поиск необходимой информации с применением информационно-коммуникационных технологий и использует эту информацию в профессиональной деятельности	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает основ термодинамики и теплотехники, не может использовать их в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по основам технической термодинамики и теплотехники. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании основных положений и их применении	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании

Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « отлично » заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « хорошо » заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « удовлетворительно » заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « неудовлетворительно » заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**6.1. Учебная литература**

- 6.1.1 Чететкин, А.В., Занемонец, М.А. Теплотехника: Учебник для вузов.- М.: Высшая школа, 1986.- 344 с.
- 6.1.2 Шпаковский, Р.П. Техническая термодинамика: Учебное пособие.- НГТУ, Н.Новгород, 2009.- 251с.
- 6.1.3 Нащокин, В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебное пособие.- М: Высшая школа, 1980.- 469 с.
- 6.1.4 Рабинович, О.М. Сборник задач по технической термодинамике: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1973.-344 с.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных выше на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

- 6.2.1 Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» для обучающихся направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»; ДПИ НГТУ/ Сост.Пастухова Г.В., Чубенко М.Н. –Дзержинск, 2020. – 60 с.
- 6.2.2 Термодинамические основы процессов сжатия газов в поршневых компрессорах. Методические указания по курсам «Термодинамика», «Техническая термодинамика и теплотехника»/Сост.Шпаковский Р.П. – Н.Новгород, 2004.
- 6.2.3 Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха. Методические указания к лабораторной работе по курсам «Термодинамика», «Техническая термодинамика и теплотехника»/ Сост. Шпаковский Р.П. - Дзержинск, 2013.
- 6.2.4 Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов методом

трубы. Методические указания к лабораторной работе по курсам «Термодинамика», «Техническая термодинамика и теплотехника»/ Сост. Шпаковский Р.П. – Дзержинск, 2013.

6.2.5 Термодинамика процессов идеального газа. Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по разделу курсовой (или контрольной) работы по дисциплинам «Термодинамика», «Техническая термодинамика и теплотехника»/ Сост. Шпаковский Р.П. – Дзержинск, 2015.

6.2.6 Водяной пар. Паротурбинная установка. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплинам «Термодинамика», «Техническая термодинамика и теплотехника»/ Сост. Шпаковский Р.П. – Дзержинск, 2015.

6.2.7 Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» для обучающихся направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» заочной формы обучения /Сост.: Пастухова Г.В. – Дзержинск, 2019,

7 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень информационных справочных систем

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о лабораторных работах, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 10

Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины

Таблица 11

Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSparkPremium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html
2	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice https://www.openoffice.org/ru/
3	Консультант Плюс	PTC Mathcad Express https://www.mathcad.com/ru

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 12 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 12

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus
4	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети

8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 13 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 13

Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение – синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 14 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 14

Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1343 Аудитория для лекционных занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1 шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.	
2	2202 Лаборатория «Техническая термодинамика и теплотехника» Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Лабораторные установки по изучению теплопроводности материала, коэффициента теплоотдачи от поверхности горизонтальной и вертикальной трубы, коэффициента теплового излучения и коэффициента теплопередачи, укомплектованные электронными амперметрами, вольтметрами, регуляторами напряжения, измерителями температуры	
3	1234 Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1 шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК) • LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО) • Foxit Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО)
4	1443а компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул.	ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 4 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium) • Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО); • Mozilla Firefox (свободное ПО); • Adobe Acrobat Reader (свободное ПО);

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Гайдара, д. 49	образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> • 7-zip для Windows (свободное ПО); • КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- текущий контроль знаний в форме тестирования в среде MOODLE.

При преподавании дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса, что дает возможность обсудить материал с обучающимися во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Материалы лекций в виде слайдов находятся в свободном доступе на в системе MOODLE и могут быть получены до чтения лекций и проработаны обучающимися в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется лично-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

Иницируется активность обучающихся, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы обучающегося, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 5 и 6). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе обучающийся должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка

материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (таблица 14). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

10.5. Методические указания для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы

При выполнении контрольной работы рекомендуется проработка материалов лекций по темам, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

Выполнение контрольной работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине.

11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний обучающихся по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение лабораторных работ;
- тестирование на сайте преподавателя по различным разделам курса
- проведение контрольной работы для обучающихся заочной формы;
- выполнение заданий для самостоятельной работы для обучающихся очной формы.

11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ

Типовые задания для лабораторных работ приведены в методических указаниях по проведению лабораторных работ (6.2.1).

11.1.2. Типовые тестовые задания

Примеры тестовых заданий по дисциплине (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Химические и пищевые технологии»):

Идеальные газы

1. Назовите основные признаки, которыми наделяется идеальный газ:
 - а) размерами молекул можно пренебречь по сравнению с расстоянием между ними;
 - б) молекулы можно рассматривать, как материальные точки;
 - в) в газе отсутствуют силы притяжения и отталкивания;
 - г) все предыдущие ответы верны;
 - д) нет верных ответов.
2. Фазой называется:
 - а) объект изучения термодинамики;
 - б) химически однородная система;
 - в) закрытая система, которая не может обмениваться теплотой с окружающей средой;

- г) совокупность физических и химических свойств, характеризующих систему;
- д) совокупность всех частей системы, одинаковых по составу и свойствам и отделенных от других частей системы поверхностями раздела.
3. Ограниченная каким – либо образом часть материального мира, которая составляет предмет исследования термодинамики это –
- а) фаза; г) компонент;
 б) система; д) поверхность.
 в) процесс;
4. Закон Бойля – Мариотта можно представить в виде:
- а) $v_1 p_1 = v_2 p_2$; г) $v_1/v_2 = T_1/T_2$;
 б) $V_1 T_1 = V_2 T_2$; д) $V_1/V_2 = t_1/t_2$.
 в) $v_1/p_1 = v_2/p_2$;
5. В цилиндре с подвижным поршнем находится $0,6 \text{ м}^3$ воздуха при давлении $0,4 \text{ МПа}$. Каким должен стать объем, чтобы при повышении давления до $0,8 \text{ МПа}$ температура воздуха не изменилась:
- а) $1,2 \text{ м}^3$; г) $0,6 \text{ м}^3$;
 б) $0,53 \text{ м}^3$; д) $0,2 \text{ м}^3$.
 в) $0,3 \text{ м}^3$;
6. Закон Гей-Люссака можно представить в виде:
- а) $P/T = \text{const}$; г) $V_1 T_1 = V_2 T_2$;
 б) $V_1/V_2 = T_1/T_2$; д) $PV = RT$.
 в) $V_1 P_1 = V_2 P_2$;
7. В воздухоподогреватель парового котла подается $130000 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при температуре 30°C . Определить объемный расход воздуха на выходе из воздухоподогревателя, если он нагревается до 400°C при постоянном давлении:
- а) $288700 \text{ м}^3/\text{ч}$; г) $175000 \text{ м}^3/\text{ч}$;
 б) $100000 \text{ м}^3/\text{ч}$; д) $186400 \text{ м}^3/\text{ч}$.
 в) $287500 \text{ м}^3/\text{ч}$;
8. Основное уравнение кинетической теории газов имеет вид:
- а) $PV = \text{const}$; г) $P/T = \text{const}$;
 б) $P = 2/3(N/v)(mw^2)/2$; д) $p = \sum p_i$.
 в) $PV = nRT$;
9. Объединенное уравнение Бойля – Мариотта и Гей – Люссака имеет вид:
- а) $P = 1/3nm_0v^2$; г) $PV = nRT$;
 б) $v_1/v_2 = T_1/T_2$; д) $P_1 V_1/T_1 = P_2 V_2/T_2$.
 в) $P_1 T_1/V_1 = P_2 T_2/V_2$;
10. Какой объем воздух занимает при нормальных условиях, если при 200°C и $0,4 \text{ МПа}$ $V = 0,2 \text{ м}^3$?
- а) $1,14 \text{ м}^3$; г) $0,46 \text{ м}^3$;
 б) $0,02 \text{ м}^3$; д) $0,38 \text{ м}^3$.
 в) $0,82 \text{ м}^3$;
11. Определите удельную газовую постоянную аргона, молекулярная масса которого равна $\mu = 39,94$.
- а) $8,31 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; г) $208,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;
 б) $39,94 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; д) $40,8 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$.
 в) $332,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;

Второй закон термодинамики. Цикл Карно

1. Выберите неверную формулировку 2 закона термодинамики

- а) невозможен циклический процесс, единственным результатом которого было бы превращение всей теплоты, полученной от источника, в работу;
- б) вечный двигатель второго рода невозможен;
- в) теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более горячему
- г) в самопроизвольных процессах, происходящих без изменения энергии, энтропия уменьшается;
- д) второй закон термодинамики определяет направление, в котором протекают процессы, устанавливает условия преобразования тепловой энергии в механическую, определяет максимальное значение работы, которая может быть произведена тепловым двигателем.
2. Обобщенным (регенеративным) циклом Карно называется
- а) цикл, в котором принимают участие регенераторы теплоты;
- б) регенеративный обратимый цикл, состоящий из двух изотерм и двух любых произвольных эквидистантных кривых;
- в) цикл, в котором один из процессов является необратимым;
- г) цикл Карно в обратном направлении;
- д) нет правильного ответа.
3. Работа в цикле Карно максимальна при условии
- а) температура рабочего тела равна температуре теплоотдатчика и наименьшая температура рабочего тела равна температуре теплоприемника;
- б) система находится в равновесии с окружающей средой;
- в) температуры рабочего тела равны, т.е. $T_1 = T_2$;
- г) совершается необратимый процесс;
- д) при переходе системы из равновесного состояния в неравновесное.
4. Работа в тепловом двигателе совершается за счет
- а) подводимой теплоты;
- б) увеличения энтальпии рабочего тела;
- в) увеличения объема рабочего тела;
- г) уменьшения энтальпии рабочего тела;
- д) нет правильного ответа.
5. При каком процессе сжатия затрачивается минимальная работа
- а) изотермическом;
- б) адиабатическом;
- в) политропном;
- г) при всех процессах работа одинакова;
- д) работа не зависит от характера процесса сжатия.

Процессы идеального газа

1. Соотношение параметров в изотермическом процессе
- а) $P_1/P_2 = V_2/V_1$; г) $P_1 \cdot V_1^n = P_2 \cdot V_2^n$;
- б) $P_1/P_2 = V_1/V_2$; д) $T_1/T_2 = V_2/V_1$.
- в) $T_1/T_2 = V_1/V_2$;
2. При изотермическом сжатии
- а) давление газа падает;
- б) давление и температура не изменяются;
- в) изменяется внутренняя энергия;
- г) давление газа возрастает;
- д) объем увеличивается.
3. Поверхность, соединяющую все точки с одинаковой температурой называют
- а) изохорной; г) адиабатической;
- б) изобарной; д) политропной.
- в) изотермической;

4. Работа адиабатного процесса расширения газа совершается
 - а) за счет уменьшения внутренней энергии;
 - б) за счет теплоты, поступающей извне;
 - в) за счет изменения объема;
 - г) за счет возрастания температуры газа;
 - д) за счет изменения давления.
5. Показатель адиабаты в адиабатном процессе равен
 - а) $k = C_v/(C_v+R)$;
 - б) $k = R/C_v - 1$;
 - в) $k = 1 + R/C_v$;
 - г) $k = C_v/ C_p$;
 - д) $k = 1,4$.
6. В изобарном процессе при расширении газа
 - а) его температура уменьшается;
 - б) его температура увеличивается;
 - в) температура уменьшается, а объем увеличивается;
 - г) температура и объем уменьшаются;
 - д) нет верного ответа.
7. Показатель политропы для изобарного процесса будет равен:
 - а) $R/(k-1)$;
 - б) k ;
 - в) бесконечности;
 - г) нулю;
 - д) единице.
8. При нагревании газа в изохорном процессе подводимое тепло расходуется на:
 - а) изменение размеров системы;
 - б) изменение внутренней энергии системы;
 - в) изменение массы системы;
 - г) изменение объема;
 - д) совершение работы.
9. Политропный процесс идеального газа протекает при постоянной
 - а) энтропии;
 - б) энтальпии;
 - в) удельной теплоемкости политропного процесса;
 - г) теплоте;
 - д) работе.
10. В каких частных случаях политропного процесса внутренняя энергия рабочего тела при подводе теплоты увеличивается:
 - а) изотермическом и изобарном;
 - б) адиабатном и изохорном;
 - в) изотермическом и изохорном;
 - г) изобарном и изохорном;
 - д) адиабатном и изохорном.

11.1.3. Типовые задания для контрольной работы обучающихся заочной формы

Вариант 1

1. Основы термодинамического анализа: понятия термодинамической системы, параметров термодинамического состояния и термодинамического процесса; энтальпии, располагаемой работы
2. Понятия и основные характеристики термодинамической эффективности работы холодильных машин и тепловых насосов
3. Определить объем и массу 0,25 кмоль кислорода и азота (отдельно) при температуре 1500 °С. Газы находятся под разрежением $p_v=40$ мм в. ст. Барометрическое (атмосферное) давление 750 мм.рт.ст.
4. Паросиловая установка работает при начальных параметрах пара $p_1 = 9$ МПа, $t_1 = 450^\circ$ С. При давлении $p' = 2,4$ МПа осуществляется вторичный перегрев пара до температуры 440°С. Давление в конденсаторе $p_2 = 0,006$ МПа. Определить термический КПД цикла с вторичным перегревом и влияние введения вторичного перегрева на термический КПД.

5. Состав газовой смеси задан по массе: азота – 76%, диоксида углерода – 14, кислорода – 10%. До какого давления нужно сжать эту смесь, чтобы при температуре смеси 300 °С ее плотность равнялась 1,8 кг/м³?
6. Определить термический КПД η_t и теоретическую мощность N_0 силовой установки, (двигателя), работающей по циклу Карно, если температура теплоотводящей среды и температура подвода тепла в цикле $t_1 = 300$ °С, температура второй (окружающей среды) $t_2 = 20$ °С, количество затрачиваемого в час тепла $Q_1 = 300000$ ккал.

Вариант 2

1. Первый закон термодинамики для закрытых систем. Энтальпия. Работа, связанная с изменением объема системы. Располагаемая работа
2. Базисный цикл ПТУ (Ренкина), схема соответствующей установки; выражение и вывод КПД цикла Ренкина
3. По газопроводу под избыточным давлением 600 мм в.ст. протекает метан. Его расход составляет 4 т/ч. Барометрическое (атмосферное) давление составляет $p_6 = 735,6$ мм.рт.ст. Температура газа 17 °С, скорость газа в трубопроводе 20 м/с. Найти диаметр трубопровода.
4. Проект паротурбинной установки предусматривает следующие условия ее работы: $p_1 = 30$ МПа, $t_1 = 550$ °С, $p_2 = 0,1$ МПа. При давлении $p' = 7$ МПа осуществляется промежуточный перегрев пара до температуры 540°С. Принимая, что установка работает по циклу Ренкина, определить конечную степень сухости пара при отсутствии промежуточного перегрева и улучшение термического КПД и конечную степень сухости пара после применения промежуточного перегрева.
5. Определить с помощью диаграммы h, s водяного пара объем резервуара, заполненного влажным паром со степенью сухости $x = 0,9$, если масса пара $M = (160 - 2n)$ кг, а температура в резервуаре $t = 120$ °С. (Задачу решить для $n = 30$)
6. Определить физическую эксергию 2 т диоксида углерода при температуре 600°С и давлении 0,3 МПа.

Вариант 3

1. Первый закон термодинамики для открытых систем. Применение первого закона термодинамики к различным теплотехническим устройствам.
2. Циклы тепловых машин: прямые циклы, обратные циклы. Термический к.п.д.. прямого цикла Карно. Обобщенный (регенеративный) цикл Карно
3. В баллоне емкостью 40 л находится кислород при давлении $(100+n)$ кгс/см² по манометру. Температура кислорода 25 °С, атмосферное давление равно 745 мм рт. ст. Определить массу кислорода и его плотность ($n = 10$).
4. Паротурбинная установка мощностью $N = 200$ МВт работает по циклу Ренкина при начальных параметрах пара $p_1 = 13$ МПа, $t_1 = 565$ °С. При давлении $p' = 2$ МПа осуществляется промежуточный перегрев пара до первоначальной температуры. Давление в конденсаторе $p_2 = 0,004$ МПа. Температура питательной воды $t_{п.в} = 160$ °С. Определить часовой расход топлива, если теплота сгорания топлива $Q_H^p = 29,3$ МДж/кг. КПД котельной установки $\eta_k = 0,92$.
5. При постоянном давлении $p = 1,0$ МПа смешиваются две порции водяного пара. Масса пара первой порции $M_1 = (200 - n)$ кг, его степень сухости $x_1 = 0,85$. Масса пара второй порции $M_2 = (80 + 5n)$ кг, степень сухости $x_2 = 0,10$. Определить степень сухости пара в образовавшейся смеси и его полную энтальпию H (кДж). Для решения использовать таблицы водяного пара. (Задачу решить для $n = 20$)
6. Между двумя термостатами ($t_1 = 400$ °С и $t_2 = 20$ °С) совершается цикл Карно; время, за которое совершается этот цикл, $\tau = 1$ с. Найти мощность двигателя, работающего по этому

циклу, если известно, что рабочим телом служат 2 кг воздуха; давление в конце изотермического расширения равно давлению в начале адиабатического сжатия.

11.1.4. Примеры типовых заданий для самостоятельной работы обучающихся очной формы

Вариант 1

Задача 1. Чему равна масса V м³ водорода, кислорода и углекислого газа, если $P_{\text{ман}} = 6$ кгс/см²; $P_{\text{бар}} = 750$ мм рт. ст.; $t = 100$ °С. Объем газа V равен $(n+1)$ м³.

(Задачу решить для $n=9$)

Задача 2. Газовая смесь имеет следующий массовый состав: $\text{CO}_2 = 12\%$; $\text{O}_2 = 8\%$ и $\text{N}_2 = 80\%$. До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы плотность ее составляла $1,6$ кг/ м³? Считать, что температура смеси при сжатии не изменяется.

Задача 3. В барабане котельного агрегата находится кипящая вода и над ней водяной пар под давлением $p = 9$ МПа (давление абсолютное). Масса воды $M = (5000 - 10n)$ кг. Объем барабана $V = 8$ м³. Какова масса пара, находящегося над зеркалом испарения, если пар считать сухим насыщенным? Использовать для решения диаграмму h,s водяного пара.

(Задачу решить для $n=200$)

Задача 4. Турбины высокого давления мощностью $N=100000$ кВт работают при $p_1 = 9$ МПа, $t_1 = 500$ °С. Давление в конденсаторе $p_2 = 0,004$ МПа. Определить термический КПД цикла Ренкина для данных параметров, а также достигнутое улучшение термического КПД по сравнению с циклом Ренкина для параметров пара: $p_1 = 2,9$ МПа, $t_1 = 400$ °С, $p_2 = 0,004$ МПа.

Задача 5. Между двумя термостатами ($t_1= 400$ °С и $t_2= 20$ °С) совершается цикл Карно; время, за которое совершается этот цикл, $\tau = 1$ с. Найти мощность двигателя, работающего по этому циклу, если известно, что рабочим телом служат 5 кг воздуха; давление в конце изотермического расширения равно давлению в начале адиабатического сжатия.

Вариант 2

Задача 1. Сосуд емкостью $V = 10$ м³ заполнен углекислым газом. Определить абсолютное давление в сосуде, если масса газа равна $(1 + n)$ кг, а температура равна 27 °С.

(Задачу решить для $n=19$)

Задача 2. Сосуд объемом $V = 20$ л содержит смесь водорода и гелия при температуре $t = 20$ °С и давлении $p = 2,0$ атм. Масса смеси $m = 5,0$ г. Найти отношение массы водорода (m_1) к массе гелия (m_2) в смеси.

Задача 3. С помощью таблиц водяного пара определить состояние водяного пара при $p = 15$ бар, если на его получение из воды с температурой 0 °С было затрачено $(2400 - 10n)$ кДж/кг теплоты. (Задачу решить для $n=10$)

Задача 4. Проект паротурбинной установки предусматривает следующие условия ее работы: $p_1 = 30$ МПа, $t_1 = 550$ °С, $p_2 = 0,1$ МПа. При давлении $p' = 7$ МПа осуществляется промежуточный перегрев пара до температуры 540 °С. Принимая, что установка работает по циклу Ренкина, определить конечную степень сухости пара при отсутствии промежуточного перегрева и улучшение термического КПД и конечную степень сухости пара после применения промежуточного перегрева.

Задача 5. Идеальная тепловая машина (холодильная машина), работающая по обратному циклу Карно, потребляет мощность 5 кВт. При этом она поглощает тепло от тела с температурой $t_2 = -10$ °С и сообщает это тепло телу с температурой $t_1 = 17$ °С. Найти: а) холодильный коэффициент цикла; б) количество тепла Q_1 , передаваемое горячему телу; в) количество тепла Q_2 , отбираемое у холодного источника тепла.

Вариант 3

Задача 1. Дутьевой вентилятор подает в топку парового котла воздух в количестве $102000 \text{ м}^3/\text{ч}$ при $t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении (избыточном) $P_m = 155 \text{ мм вод. ст.}$ Барометрическое давление $P_{\text{бар}} = (740 + n) \text{ мм рт. ст.}$ Определить часовую производительность вентилятора при нормальных условиях Q_n в $\text{м}^3/\text{ч}$.

(Задачу решить для $n=10$)

Задача 2. В закрытом баллоне объемом 15 м^3 при температуре 283 К и давлении $8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ находится метан (CH_4). Благодаря солнечной радиации температура газа в течение дня повысилась на 20 К . Какое количество теплоты получил газ? Как возросло давление газа в баллоне? Теплоемкость метана считать постоянной.

Задача 3. Водяной пар с начальным давлением $p_1 = 10 \text{ МПа}$ и степенью сухости $x_0 = 0,95$ поступает в пароперегреватель парового котла, где его температура увеличивается на $\Delta t = (150 + 5n) \text{ }^\circ\text{C}$. После пароперегревателя пар изобарно расширяется в турбине до давления $p_2 = 4 \text{ кПа}$. Определить (по h,s – диаграмме) количество теплоты (на 1 кг пара), подведенное в пароперегревателе, и степень сухости в конце расширения. Показать процессы 0-1 и 1-2 в диаграмме h,s . (Задачу решить для $n=20$)

Задача 4. Определить КПД электростанции, если удельный расход теплоты на $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ равен 12140 кДж .

Задача 5. Идеальный газ в количестве $n = 2,2$ моля находится в одном из двух теплоизолированных сосудов, соединенных между собой трубкой с краном. В другом сосуде – вакуум. Кран открыли, и газ заполнил оба сосуда, увеличив свой объем в 3 раза. Найти приращение энтропии газа.

11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине - экзамен: по результатам накопительного рейтинга или в форме компьютерного тестирования для обучающихся очной формы и в форме компьютерного тестирования для обучающихся заочной формы.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1):

Примерный тест для итогового тестирования:

Тема 1.1 Введение: предмет и метод термодинамики (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Закрытая термодинамическая система

- а) не обменивается с внешней средой веществом и энергией;
- б) не обменивается с внешней средой веществом;**
- в) не обменивается с внешней средой теплотой;
- г) не обменивается с внешней средой теплотой и работой;
- д) нет верного ответа.

Тема 2.1 Первый закон термодинамики (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Теплота и работа являются

- а) функциями состояния и функциями процесса;
- б) функциями процесса и функциями состояния;
- в) функциями состояния;
- г) функциями процесса

Тема 3.1 Второй закон термодинамики. Круговые процессы (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Выберите неверную формулировку второго закона термодинамики

- а) невозможен циклический процесс, единственным результатом которого было бы превращение всей теплоты, полученной от источника, в работу;
- б) вечный двигатель второго рода невозможен;
- в) теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более горячему
- г) в самопроизвольных процессах, происходящих без изменения энергии, энтропия уменьшается;
- д) второй закон термодинамики определяет направление, в котором протекают процессы, устанавливает условия преобразования тепловой энергии в механическую, определяет максимальное значение работы, которая может быть произведена тепловым двигателем.

Тема 4.1 Определение теплоты процесса (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Выбрать уравнение конвективной теплоотдачи – уравнение Ньютона-Рихмана

а) $\vec{q} = -\vec{\lambda} \text{grad} T$;

г) $q = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$;

б) $q = \alpha(T_f - T_w)$;

д) $q = \varepsilon_0 C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$.

в) $q = k\Delta T$;

Тема 5.1 Термодинамические процессы идеального газа в технике (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Удельная внутренняя энергия идеального газа пропорциональна его

- а) давлению;
- б) температуре;
- в) объему;
- г) совершаемой работе;
- д) плотности.

Тема 6.1 Термодинамические процессы реальных газов (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Кипящая жидкость, влажный насыщенный пар и сухой насыщенный пар при одном давлении не отличаются

- а) степенью сухости;
- б) удельным объемом;
- в) энтальпией;
- г) энтропией;
- д) температурой насыщения.

Тема 7.1 Применение первого закона термодинамики для открытых систем (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

При дросселировании идеального газа

- а) температура газа повышается;
- б) температура газа снижается;
- в) температура газа остается постоянной;
- г) температура газа сначала повышается, затем падает

Тема 8.1 Циклы паросиловых и газотурбинных установок (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Основными преимуществами цикла паротурбинной установки перед циклом газотурбинной установки являются

- а) использование перегретого пара;
- б) замкнутый цикл по воде;
- в) незначительные затраты работы на привод насосов в цикле паротурбинной установки по сравнению с затратами работы на привод газовых компрессоров в цикле газотурбинной установки;

г) значительные затраты работы на привод насосов в цикле паротурбинной установки по сравнению с затратами работы на привод газовых компрессоров в цикле газотурбинной установки;

д) высокое значение термического к.п.д. паросиловой установки.

Тема 9.1 Анализ необратимых процессов (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Необратимость процесса приводит

а) к снижению энтропии рабочего тела;

б) к повышению энтропии рабочего тела при том же, как в обратимом процессе, количестве подведенной теплоты и потере части полезной работы;

в) к повышению работоспособности рабочего тела;

г) только к повышению энтропии рабочего тела при том же, как в обратимом процессе, количестве подведенной теплоты;

д) только к потере части полезной работы.

Тема 10.1 Эксергетический анализ термодинамических систем (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

В качестве нулевой принимают химическую эксергию

а) окружающей природной среды;

б) земной коры;

в) гидросферы;

г) химическую эксергию окружающей природной среды, включающий наиболее обесцененные и распространенные в отношении данного элемента вещества;

д) химическую эксергию окружающей природной среды, включающий наиболее обесцененные и распространенные в отношении данного элемента вещества при нормальном мольном содержании.

Тема 11.1 Получение тепловой энергии (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Зола твердого топлива

а) является балластом, снижающим теплоту сгорания топлива;

б) затрудняет подвод воздуха при горении топлива;

в) может образовывать эвтектические смеси, плавящиеся при температуре ниже температуры плавления отдельных компонентов золы и температуры горения;

г) приводит к потере части тепловой энергии.

Тема 12.1 Котлоагрегаты в химической промышленности (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Тепловые потери в котельном агрегате, отсутствующие при сжигании газообразного топлива

а) потери теплоты с дымовыми газами;

б) потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива;

в) потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива;

г) потери теплоты от наружного охлаждения;

д) потери теплоты со шлаком.

Тема 13.1 Вторичные энергетические ресурсы в химической промышленности (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Не является утилизацией вторичных энергоресурсов

а) использование энергии отходящих технологических потоков в котлах-утилизаторах;

б) использование физической теплоты потоков одного агрегата для подогрева потока сырья, поступающего в другой агрегат;

в) использование энергии избыточного давления технологического потока, выходящего из агрегата для привода компрессора этого же агрегата;

г) выработка пара за счет теплоты отходящего потока для отпуска на сторону

Тема 14.1 Энерго-химико-технологические системы (ОПК-1, ИОПК-1.1, ОПК-6, ИОПК-6.1)

Энерго-химико-технологическая система – это

- а) система, не потребляющая энергию извне;
- б) система, использующая только теплоту экзотермических реакций;
- в) система, имеющая энергетический блок, потребляющий топливо и вырабатывающий энергию, необходимую для поддержания технологического режима и восполнения диссипативных потерь, связанных с необратимостью протекающих процессов;
- г) безотходная химико-технологическая система.

Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых обучающемуся	Время на тестирование, мин.
250	10	15

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в СДО MOODLE.