

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

“_26_” марта ____ 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.27 Техническая термодинамика и теплотехника

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: Химическая технология органических веществ

Форма обучения: очная, заочная

Год начала подготовки 2025

Выпускающая кафедра Химические и пищевые технологии

Кафедра-разработчик Химические и пищевые технологии

Объем дисциплины 108/3
 часов/з.е

Промежуточная аттестация зачет

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

Дзержинск
2025

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07 августа 2020 года № 922 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от 20.03.2025 № 7

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Химические и пищевые технологии

протокол от 21.03.2025 № 8

Зав. кафедрой д.х.н, профессор

(подпись)

О.А. Казанцев

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Химические и пищевые технологии
д.х.н, профессор _____ О.А.Казанцев
(подпись)

Начальник ОУМБО
(подпись)

И.В. Старикова

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО № 18.03.01 - 27

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.....	19
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.....	22
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	24

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является изучение термодинамических основ технологических процессов химической технологии

1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля):

- применение термодинамических основ при расчетах и проектировании процессов химической технологии;
- знание теплотехнического оборудования химических 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 по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: физика, математика, общая и неорганическая химия, органическая химия.

Дисциплина Техническая термодинамика и теплотехника является основополагающей для изучения следующих дисциплин: проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки.

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 компетенции ОПК-2 дисциплинами

Компетенция	Названия учебных дисциплин, модулей, практик, участвующих в формировании компетенции вместе с данной дисциплиной	Семестры формирования компетенции							
		1 курс		2 курс		3 курс		4 курс	
		семестр		семестр		семестр		семестр	
		1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-2	Математика								
	Информатика								
	Физика								
	Органическая химия								
	Физическая химия								
	Прикладная механика								
	Электротехника и электроника								

	Коллоидная химия								
	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа								
	Техническая термодинамика и теплотехника								
	Общая химическая технология								
	Подготовка к процедуре защиты и защита 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-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ИОПК-2-2. Использует математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	Знать: основы технической термодинамики и теплотехники	Уметь: применять методы и законы технической термодинамики и теплотехники для решения практических задач	Владеть: методами и законами технической термодинамики и теплотехники 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)

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед./108 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
		4
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:	55	55
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:	4	4
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	-	-
- 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)	53	53
Вид промежуточной аттестации зачет	зачет	зачет
Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы	108/3	108/3

Таблица 4

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

Вид учебной работы	Всего часов	Курс 4
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего) , в том числе:	13	13
1.1. Аудиторные занятия (всего) , в том числе:	8	8
- лекции (Л)	4	4
- лабораторные работы (ЛР)	4	4
- практические занятия (ПЗ)	-	-
- практикумы (П)	-	-
1.2. Внеаудиторные занятия (всего) , в том числе:	5	5
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	-	-
- 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)	91	91
Вид промежуточной аттестации зачет	4	4
Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы	108/3	108/3

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 (контролируемы е) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактив- ных образователь- ных технологий	Реализация в рамках практичес- кой подготовки (трудоем- кость в часах)	Наименова- ние разработан- ного электронно- го курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
4 семестр									
ОПК-2, ИОПК-2-2	Тема 1.1 Введение: предмет и метод термодинамики.	2	-	-	2	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	-	-	2				
	Тема 3.1 Второй закон термодинамики. Круговые процессы	4	-	-	5				
	Тема 4.1 Определение теплоты процесса	2	-	-	2				
	Тема 4.1 Лабораторная работа 1. Определение теплопроводности сыпучего материала		4		2	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		

Планируемые (контролируемы е) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактив- ных образователь- ных технологий	Реализация в рамках практичес- кой подготовки (трудоем- кость в часах)	Наименова- ние разработан- ного электронно- го курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 4.1 Лабораторная работа 2. Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха/Исследование теплоотдачи от поверхности вертикальной трубы при свободном движении воздуха		4		3	Подготовка отчета о лабораторной работе подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.36 С.348-375, 6.2.1: С. 19-39	Собеседование		
	Тема 4.1 Лабораторная работа 3. Определение коэффициента теплового излучения и степени черноты твердого тела		4		3	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		3	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работ-ы. 6.1.36 С.326-332, 335, 6.2.1: С. 50-59	Собеседование		
	Тема 5.1 Термодинамические процессы идеального газа в технике	2	-	-	3	Подготовка к лек-циям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1:23-29, 29-41, 41-50, 81-89,	Тестирование в системе MOODLE		
	Тема 6.1 Термодинамические процессы реальных газов	4	-	-	5				
	Тема 7.1 Применение первого закона термодинамики для открытых систем	4	-	-	4				

Планируемые (контролируемы е) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактив- ных образователь- ных технологий	Реализация в рамках практичес- кой подготовки (трудоем- кость в часах)	Наименова- ние разработан- ного электронно- го курса (трудоем- кость в часах)	
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час					
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час						
	Тема 8.1 Циклы паросиловых и газотурбинных установок	2	-	-	4	90-100. 6.1.2: 72-90, 90-124, 170-173, 125-137	Тестирование в системе MOODLE			
	Тема 9.1 Анализ необратимых процессов.	2	-	-	3	Подготовка к лекци- ям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: 53-59, 72-81, 312-317. 6.1.2: 165-168, 194-208				
	Тема 10.1Эксергетический анализ термодинамических систем	2	-	-	3					
	Тема 11.1 Получение тепловой энергии	2	-	-	3			Подготовка к лекци- ям, тестированию 6.1.1: 225-253, 276- 297, 325-329		
	Тема 12.1Котлоагрегаты в химической промышленности	2	-	-	2					
	Тема 13.1 Вторичные энергетические ресурсы в химической промышленности	2	-	-	2					
	Тема 14.1Энерго-химико-технологические системы	2	-	-	2					
	Самостоятельная работа				53					
	ИТОГО по дисциплине	34	17	-	53					

Таблица 6

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

Планируемые (контролируемы е) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименова- ние использу- емых активных и интерактив- ных образователь- ных технологий	Реализация в рамках практичес- кой подготовки (трудоем- кость в часах)	Наименование разработан- ного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
4 курс									
ОПК-2, ИОПК-2-2	Тема 1.1 Введение: предмет и метод термодинамики.	0,2	-	-	2	Подготовка к лек- циям, 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	0,2	-	-	6				
	Тема 3.1 Второй закон термодинамики. Круговые процессы	0,4	-	-	8				
	Тема 4.1 Определение теплоты процесса	0,4	-	-	4				
	Тема 4.1 Лабораторная работа 1.* Определение теплопроводности сыпучего материала		4		4	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 теплоотдачи от поверхности вертикальной трубы при свободном				4	Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к - собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.1.3: С.348-	Собеседование		

Планируемые (контролируемы е) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименова- ние использу- емых активных и интерактив- ных образователь- ных технологий	Реализация в рамках практичес- кой подготовки (трудоем- кость в часах)	Наименование разработан- ного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	движении воздуха					375, 6.2.1: С. 19-39			
	Тема 4.1 Лабораторная работа 3.* Определение коэффициента теплового излучения и степени черноты твердого тела				4	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				4	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	0,2	-	-	8	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение контрольной работы. 6.1.1:23-29, 29-41, 41-50, 81-89, 90-100. 6.1.2: 72-90, 90-124, 170-173, 125-137	Тестирование в системе MOODLE**		
	Тема 6.1 Термодинамические процессы реальных газов	0,3	-	-	8				
	Тема 7.1 Применение первого закона термодинамики для открытых систем	0,3	-	-	8				
	Тема 8.1 Циклы паросиловых и газотурбинных установок	0,2	-	-	6				
	Тема 9.1 Анализ необратимых процессов.	0,2	-	-	4	Подготовка к лекциям, тестированию,	Тестирование		

Планируемые (контролируемы е) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименова- ние использу- емых активных и интерактив- ных образователь- ных технологий	Реализация в рамках практичес- кой подготовки (трудоем- кость в часах)	Наименование разработан- ного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 10.1Эксергетический анализ термодинамических систем	0,2	-	-	4	выполнение конт- рольной работы. 6.1.1: 53-59, 72-81, 312-317. 6.1.2: 165- 168, 194-208	в системе MOODLE**		
	Тема 11.1 Получение тепловой энергии	0,2	-	-	4	Подготовка к лекци- ям, тестированию, выполнение конт- рольной работы. 6.1.1: 225-253, 276- 297, 325-329			
	Тема 12.1Котлоагрегаты в химической промышленности	0,2	-	-	6				
	Тема 13.1 Вторичные энергетические ресурсы в химической промышленности	0,2	-	-	4				
	Тема 14.1Энерго-химико-технологические системы	0,2	-	-	3				
	Самостоятельная работа				91				
	ИТОГО по дисциплине	4	4	-	91				

*- выполняется одна работа 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: <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 °С 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 , сдиаграмма 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 зачету по дисциплине Б1.Б.27 «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 зффективности 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 эксергетическийк.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
		1	2	3	4	За нарушение сроков сдачи
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» / «не зачтено» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ИОПК-2-2. Использует математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает основ технической 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

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Учебная литература

- 6.1.1 Чечеткин, 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 18.03.01 «Химическая технология» /Сост.Пастухова Г.В., Чубенко М.Н.; Дзержинск, ДПИ НГТУ, 2020. -60 с.; в электронном варианте находятся в системе MOODLE<http://dpingtu.ru/Moodle>.
- 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 18.03.01 «Химическая технология» заочной формы обучения/ Сост.: Пастухова Г.В.; Дзержинск, 2019;электронный вариант:<http://dpingtu.ru/Moodle>.

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 9

Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Виртуальная книжная полка НТБ НГТУ	http://cdot-nntu.ru/ электронная библиотека
4	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/

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

Таблица 10

Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSpark Premium, 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/
4	КонсультантПлюс	PTC Mathcad Express https://www.mathcad.com/ru

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 11 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 11

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

Таблица 12

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 13 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 13

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.	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный	

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	проектор, на базе IntelPentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. 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 IntelPentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	• MicrosoftWindows 10 Домашняя (поставка с ПК) • LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО) • FoxitReader (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. Гайдара, д. 49	ПК на базе IntelCeleron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 4 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium) • Apache OpenOffice 4.1.8(свободное ПО); • Mozilla Firefox(свободное ПО); • Adobe Acrobat Reader (свободное ПО); • 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 института (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 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 личностно-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 зачета 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 допоровому 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 (таблицы 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 практическим занятиям / 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 13). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института (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 контрольных работ 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, тема «Термодинамические процессы идеального газа в технике»:

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. 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) $v_1/p_1 = v_2/p_2$;
3. 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) $0,3 \text{ м}^3$;
4. 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) $V_1 p_1 = V_2 p_2$;
5. 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) $287500 \text{ м}^3/\text{ч}$;

6. 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) $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$.

в) $p_1T_1/V_1 = p_2T_2/V_2$;

7. 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) $0,82 \text{ м}^3$;

8. 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) $332,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;

9. Под смесью идеальных газов понимается:

а) продукт взаимодействия входящих в смесь газов;

б) смесь газов, отличающихся по свойствам от чистых веществ, входящих в смесь;

в) смесь любого газа с воздухом;

г) смесь отдельных газов, не вступающих между собой ни в какие химические реакции, но обладающих теми же свойствами, что и до смешения;

д) идеальная смесь газов, не подчиняющаяся закону Дальтона.

10. Давление, которое имел бы каждый газ, входящий в состав смеси, если бы этот газ находился один в том же количестве, в том же объеме и при той же температуре, что и в смеси, называется -

а) полным; г) изохорным;

б) частичным; д) изотермическим.

в) парциальным;

11. Общее давление смеси газов равно сумме парциальных давлений отдельных составляющих смесь газов. Это закон -

а) Дальтона; г) Менделеева;

б) Клапейрона – Клаузиуса; д) Гиббса.

в) Майера;

12. Удельную газовую постоянную смеси газов можно определить как

а) $R_{\text{см}} = \sum_1^n m_i R_i$; г) $R_{\text{см}}$ для всех смесей одинакова;

б) $R_{\text{см}} = 8314 / \sum_1^n m_i R_i$ д) нет правильного ответа.

в) $R_{\text{см}} = 8314 \mu_{\text{см}}$;

11.1.3. Типовые задания для контрольной работы обучающихся заочной формы (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Химические и пищевые технологии»)

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, $t_1 = 450^\circ\text{C}$. При давлении $p' = 2,4$ МПа осуществляется вторичный перегрев пара до температуры 440°C . 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°C ее плотность равнялась $1,8 \text{ кг/м}^3$?
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 $t_1 = 300^\circ\text{C}$, температура второй (окружающей среды) $t_2 = 20^\circ\text{C}$, количество затрачиваемого в час тепла $Q_1 = 300000 \text{ ккал}$.

11.1.4. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Химические и пищевые технологии»)

Вариант 1

Задача 1. Чему равна масса $V \text{ м}^3$ водорода, кислорода и углекислого газа, если $P_{\text{ман}} = 6 \text{ кгс/см}^2$; $P_{\text{бар}} = 750 \text{ мм рт. ст.}$; $t = 100^\circ\text{C}$. Объем газа V равен $(n+1) \text{ м}^3$.

(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 $1,6 \text{ кг/м}^3$? Считать, что температура смеси при сжатии не изменяется.

Задача 3. В барабане котельного агрегата находится кипящая вода и над ней водяной пар под давлением $p = 9 \text{ МПа}$ (давление абсолютное). Масса воды $M = (5000 - 10n) \text{ кг}$. Объем барабана $V = 8 \text{ м}^3$. 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 $N = 100000 \text{ кВт}$ работают при $p_1 = 9 \text{ МПа}$, $t_1 = 500^\circ\text{C}$. Давление в конденсаторе $p_2 = 0,004 \text{ МПа}$. Определить термический КПД цикла Ренкина для данных параметров, а также достигнутое улучшение термического КПД по сравнению с циклом Ренкина для параметров пара: $p_1 = 2,9 \text{ МПа}$, $t_1 = 400^\circ\text{C}$, $p_2 = 0,004 \text{ МПа}$.

Задача 5. Между двумя термостатами ($t_1 = 400^\circ\text{C}$ и $t_2 = 20^\circ\text{C}$) совершается цикл Карно; время, за которое совершается этот цикл, $\tau = 1 \text{ с}$. 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.

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 -зачет: 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 зачету (ОПК-2; ИОПК-2-2):

Примерный тест для итогового тестирования:

Тема 1.1 Введение: предмет и метод термодинамики (ОПК-2; ИОПК-2-2)

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-2; ИОПК-2-2)

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-2; ИОПК-2-2)

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-2; ИОПК-2-2)

Выбрать уравнение конвективной теплоотдачи – уравнение Ньютона-Рихмана

- а) $\bar{q} = -\bar{\lambda} \text{grad} T$;
- б) $q = \alpha(T_f - T_w)$;
- в) $q = k\Delta T$;
- г) $q = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$;
- д) $q = \varepsilon_0 C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$.

Тема 5.1 Термодинамические процессы идеального газа в технике(ОПК-2; ИОПК-2-2)

Удельная внутренняя энергия идеального газа пропорциональна его

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

Тема 6.1 Термодинамические процессы реальных газов(ОПК-2; ИОПК-2-2)

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

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

Тема 7.1 Применение первого закона термодинамики для открытых систем(ОПК-2; ИОПК-2-2)

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-2; ИОПК-2-2)

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-2; ИОПК-2-2)

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-2; ИОПК-2-2)

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 молярном содержании.

Тема 11.1 Получение тепловой энергии(ОПК-2; ИОПК-2-2)

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-2; ИОПК-2-2)

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-2; ИОПК-2-2)

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 отпуски на сторону

Тема 14.1 Энерго-химико-технологические системы(ОПК-2; ИОПК-2-2)

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.