

**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

“ 05 ” \_\_\_\_\_ мая \_\_\_\_\_ 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.Б.27Техническая 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 2022

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  
2022

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 28.04.2022 № 8

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

протокол от 05.05.2022 № 10

Зав. кафедрой д.х.н, профессор

\_\_\_\_\_

(подпись)

О.А. Казанцев

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Химические и пищевые технологии

д.х.н, профессор

(подпись)

\_\_\_\_\_

О.А.Казанцев

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.....	20
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	
		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	<b>Знать:</b> основы технической термодинамики и теплотехники	<b>Уметь:</b> применять методы и законы технической термодинамики и теплотехники для решения практических задач	<b>Владеть:</b> 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 3зач.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
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем</b> (по видам учебных занятий) <b>(всего)</b> , в том числе:	55	55
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего)</b> , в том числе:	51	51
- лекции (Л)	34	34
- лабораторные работы (ЛР)	17	17
- практические занятия (ПЗ)	-	-
- практикумы (П)	-	-
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего)</b> , 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)	-	-
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	53	53
<b>Вид промежуточной аттестации</b> зачет	зачет	зачет
<b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>	108/3	108/3

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

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Курс 4</b>
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем</b> (по видам учебных занятий) <b>(всего)</b> , в том числе:	13	13
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего)</b> , в том числе:	8	8
- лекции (Л)	4	4
- лабораторные работы (ЛР)	4	4
- практические занятия (ПЗ)	-	-
- практикумы (П)	-	-
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего)</b> , 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
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	91	91
<b>Вид промежуточной аттестации зачет</b>	4	4
<b>Общая трудоёмкость, часы/зачетные единицы</b>	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 (контролируемые) результаты освоения: код 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)				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
<b>4 семестр</b>									
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 (контролируемые) результаты освоения: код 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)				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Тема 4.1</b> 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		
	<b>Тема 4.1</b> 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		
	<b>Тема 4.1</b> Лабораторная работа 4. Определение коэффициента теплопередачи		5		3	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		
	<b>Тема 5.1</b> Термодинамические процессы идеального газа в технике	2	-	-	3	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-	Тестирование в системе MOODLE		
	<b>Тема 6.1</b> Термодинамические процессы реальных газов	4	-	-	5				
	<b>Тема 7.1</b> Применение первого закона термодинамики для открытых систем	4	-	-	4				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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)				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Тема 8.1</b> Циклы паросиловых и газотурбинных установок	2	-	-	4	90, 90-124, 170-173, 125-137			
	<b>Тема 9.1</b> Анализ необратимых процессов.	2	-	-	3	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		
	<b>Тема 10.1</b> Эксергетический анализ термодинамических систем	2	-	-	3				
	<b>Тема 11.1</b> Получение тепловой энергии	2	-	-	3	Подготовка к лекциям, тестированию 6.1.1: 225-253, 276-297, 325-329			
	<b>Тема 12.1</b> Котлоагрегаты в химической промышленности	2	-	-	2				
	<b>Тема 13.1</b> Вторичные энергетические ресурсы в химической промышленности	2	-	-	2				
	<b>Тема 14.1</b> Энерго-химико-технологические системы	2	-	-	2				
	<b>Самостоятельная работа</b>				53				
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>53</b>				

Таблица 6

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

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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)				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
<b>4 курс</b>									
ОПК-2, ИОПК-2-2	<b>Тема 1.1</b> Введение: предмет и метод термодинамики.	0,2	-	-	2	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнению 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**		
	<b>Тема 2.1</b> Первый закон термодинамики	0,2	-	-	6				
	<b>Тема 3.1</b> Второй закон термодинамики. Круговые процессы	0,4	-	-	8				
	<b>Тема 4.1</b> Определение теплоты процесса	0,4	-	-	4				
	<b>Тема 4.1</b> 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		
	<b>Тема 4.1</b> 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.348-375, 6.2.1: С.	Собеседование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС)				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	движении воздуха					19-39			
	<b>Тема 4.1</b> 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		
	<b>Тема 4.1</b> 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		
	<b>Тема 5.1</b> 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**		
	<b>Тема 6.1</b> Термодинамические процессы реальных газов	0,3	-	-	8				
	<b>Тема 7.1</b> Применение первого закона термодинамики для открытых систем	0,3	-	-	8				
	<b>Тема 8.1</b> Циклы паросиловых и газотурбинных установок	0,2	-	-	6				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС)				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 9.1 Анализ необратимых процессов.	0,2	-	-	4	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	0,2	-	-	4				
	Тема 11.1 Получение тепловой энергии	0,2	-	-	4	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение контрольной работы. 6.1.1: 225-253, 276-297, 325-329			
	Тема 12.1 Котлоагрегаты в химической промышленности	0,2	-	-	6				
	Тема 13.1 Вторичные энергетические ресурсы в химической промышленности	0,2	-	-	4				
	Тема 14.1 Энерго-химико-технологические системы	0,2	-	-	3				
	Самостоятельная работа				91				
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>91</b>				

\*- 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  $300^\circ\text{C}$  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  $1 \text{ м}^3$  (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  $1200^\circ\text{C}$  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 1,2 МПа 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 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	
Выполнение 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 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **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	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

**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 <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a>
2	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice <a href="https://www.openoffice.org/ru/">https://www.openoffice.org/ru/</a>
3	КонсультантПлюс	PTC Mathcad Express <a href="https://www.mathcad.com/ru">https://www.mathcad.com/ru</a>

### 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	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	<a href="https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus">https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus</a>
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	<b>1343</b> Аудитория для лекционных занятий 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" – 1 шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.	
2	<b>2202</b> Лаборатория	Лабораторные установки по	

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	«Техническая термодинамика и теплотехника» Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	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	<b>1234</b> 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" – 1 шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MicrosoftWindows 10 Домашняя (поставка с ПК)</li> <li>• LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО)</li> <li>• FoxitReader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО)</li> </ul>
4	<b>1443а</b> 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium)</li> <li>• Apache OpenOffice 4.1.8(свободное ПО);</li> <li>• Mozilla Firefox(свободное ПО);</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО);</li> <li>• КонсультантПлюс(ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> </ul>

## 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 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 (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  $30^\circ\text{C}$ . Определить объемный расход воздуха на выходе из воздухоподогревателя, если он нагревается до  $400^\circ\text{C}$  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)  $p = 1/3 n m_0 v^2$ ; 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)  $p_1 T_1/V_1 = p_2 T_2/V_2$ ;
7. Какой объем воздух занимает при нормальных условиях, если при  $200^\circ\text{C}$  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)  $8,31 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ; г)  $208,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ;

б)  $39,94 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ; д)  $40,8 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

в)  $332,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ;

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,  $t_1 = 450$  °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/м<sup>3</sup>?
6. Определить термический КПД  $\eta_t$  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.

**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  $V$  м<sup>3</sup> водорода, кислорода и углекислого газа, если  $P_{\text{ман}} = 6$  кгс/см<sup>2</sup>;  $P_{\text{бар}} = 750$  мм рт. ст.;  $t = 100$  °С. Объем газа  $V$  равен  $(n+1)$  м<sup>3</sup>.

(Задачу решить для  $n=9$ )

Задача 2. Газовая смесь имеет следующий массовый состав: CO<sub>2</sub> = 12%; O<sub>2</sub> = 8% и N<sub>2</sub> = 80%. До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы плотность ее составляла 1,6 кг/ м<sup>3</sup>? 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  $V = 8$  м<sup>3</sup>. 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.

**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)

Закрывающаяся термодинамическая система

- не обменивается с внешней средой веществом и энергией;
- не обменивается с внешней средой веществом;
- не обменивается с внешней средой теплотой;
- не обменивается с внешней средой теплотой и работой;
- 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)  $\vec{q} = -\vec{\lambda} \operatorname{grad} T$  ;
- 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 циклегазотурбинной установки;

г) значительные затраты работы на привод насосов в цикле паротурбинной установки по сравнению с затратами работы на привод газовых компрессоров в циклегазотурбинной 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 мольном содержании.

Тема 11.1Получение 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 12.1Котлоагрегаты 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 13.1Вторичные 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 14.1Энерго-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**

<b>Кол-во заданий в банке вопросов</b>	<b>Кол-во заданий, предъявляемых обучающемуся</b>	<b>Время на тестирование, мин.</b>
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.