

ХТз /Бак/ ХТОВ - Б1.В.09.5 - 22106/2021

Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева

**Дзержинский политехнический институт (филиал)**

Кафедра «Химические и пищевые технологии»

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института

*А.М.Петровский*  
А.М.Петровский

«22» 06 2021 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины**

Техническая термодинамика и теплотехника

**Направление подготовки**

18.03.01 Химическая технология

*код и название направления*

**Направленность (профиль)**

Химическая технология органических веществ

*Направленность (профиль)*

**Уровень образования**

бакалавриат

**Форма обучения**

Заочная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Дзержинск, 2021



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Наименование дисциплины .....	4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине .....	4
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы бакалавриата. ....	6
4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	8
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий.....	9
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	14
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине .....	17
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	35
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	36
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин.....	39
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости) .....	40
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	40

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. Наименование дисциплины:

Дисциплина Б1.В.ОД.3 «Техническая термодинамика и теплотехника» - это дисциплина по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», направленность (профиль) «Химическая технология органических веществ» уровень образования – бакалавриат.

Объектами профессиональной деятельности при изучении дисциплины являются оборудование, технологические процессы и промышленные системы получения веществ, материалов, изделий, а также методы и средства диагностики технического состояния технологического оборудования, средства автоматизации и управления технологическими процессами, методы и средства оценки состояния окружающей среды и защиты ее от влияния промышленного производства.

Профильной для данной дисциплины является научно-исследовательская деятельность (основная).

Данная дисциплина готовит к решению следующей задачи профессиональной деятельности: подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций.

### 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).

#### 2.1. Учебная дисциплина обеспечивает:

- формирование **части** компетенций: ОПК-1 - способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, ОПК-2 - готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы, ПК-19- готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.

Признаки и уровни освоения компетенций приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Признаки и уровни освоения компетенций

Код и содержание компетенции	Формулировка дисциплинарной части компетенции	Уровень формирования компетенции, место дисциплины
<i>ОПК-1 Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</i>	<i>ОПК-1 Способность и готовность использовать знания технической термодинамики и теплотехники для решения задач своей профессиональной деятельности</i>	<i>Пороговый уровень. Формируется частично в составе дисциплин (табл.3.1). Итоговый контроль сформированности компетенции ОПК-1 осуществляется при подготовке к процедуре защиты и защите ВКР</i>

<i>ОПК-2 Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы</i>	<i>ОПК-2 Готовность использовать знания о современной физической картине мира для понимания окружающего мира</i>	<i>Пороговый уровень. Формируется частично в составе дисциплин (табл.3.1). Итоговый контроль сформированности компетенции ОПК-2 осуществляется при подготовке к процедуре защиты и защите ВКР</i>
<i>ПК-19- готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.</i>	<i>ПК-19 –готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний</i>	<i>Пороговый уровень. Формируется частично в составе дисциплин (табл.3.1). Итоговый контроль сформированности компетенции ПК-19 осуществляется при подготовке к процедуре защиты и и защите ВКР</i>

**2.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен овладеть следующими знаниями, умениями и навыками в рамках формируемых компетенций (табл. 2.2):**

**Таблица 2.2 - Планируемые результаты обучения**

Уровень освоения компетенции	Описание признаков проявления компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения)		
		Знать	Уметь	Владеть
<b>ОПК-1</b>				
пороговый	Способность и готовность использовать знания технической термодинамики и теплотехники для решения задач своей профессиональной деятельности	основы технической термодинамики и теплотехники	применять методы и законы технической термодинамики и теплотехники для решения практических задач	навыками применения основ термодинамических процессов в закрытых и открытых системах
<b>ОПК-2</b>				
пороговый	Готовность использовать знания о современной физической картине мира для понимания окружающего мира	понятия физической и химической эксергии, проблемы энергообеспечения и экономии энергоресурсов	применять методы эксергетического анализа и делать заключения об эффективности технических решений	Навыками составления эксергетических балансов
<b>ПК-19</b>				
пороговый	Готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний	физические основы процессов теплопереноса	применять знания процессов теплопереноса для решения возникающих задач	навыками решения задач, связанных с теплопереносом и самостоятельного приобретения знаний о процессах теплопереноса

При наличии лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается особый порядок освоения дисциплины, предусматривающий возможность достижения ими планируемых результатов обучения с учетом состояния здоровья и имеющихся заболеваний.

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы бакалавриата

3.1. Дисциплина реализуется в рамках вариативной части обязательных дисциплин Блока 1 (Б1.В.ОД.3).

3.2. Дисциплина изучается на 2 курсе.

3.3. Требования к входным знаниям, умениям и владениям студентов:

Для освоения дисциплины Б1.В.ОД.3 «Техническая термодинамика и теплотехника» студент должен:

#### **Знать:**

- основы математического анализа;
- основы молекулярно-кинетической теории;
- базисные законы идеальных газов (Бойля–Мариотта, Шарля, Гей-Люссака);
- закон Авогадро, понятия моля и универсальной газовой постоянной;
- уравнения состояния идеальных газов Клапейрона и Клапейрона-Менделеева;
- значения величин температуры, давления и объема моля при нормальных условиях;
- первый и второй законы термодинамики (базисные представления из курсов физики и общей химии);
- уравнение Ван-дер-Ваальса для реальных газов и его интерпретацию с позиций молекулярно-кинетической теории;
- р-Т диаграмму состояния веществ;
- понятия: пограничная кривая, теплота и температура фазового перехода, критическое состояние вещества, стабильные и метастабильные состояния;
- размерность в системе СИ давления, объема, температуры, массы, плотности.

#### **Уметь:**

- пользоваться таблицей элементов Д.И. Менделеева для определения молекулярной массы газов;
- с помощью уравнений состояния и закона Авогадро рассчитывать параметры состояния идеальных газов при нормальных и рабочих условиях;
- пользоваться справочной литературой.

#### **Владеть:**

- практическими навыками дифференцирования и интегрирования;
- навыками практических расчётов;
- навыками лабораторных исследований и составления отчетов.

Этапы формирования компетенций и ожидаемые результаты обучения, определяющие уровень сформированности компетенций, указаны в табл. 3.1, 3.2.

**Таблица 3.1 – Дисциплины, участвующие в формировании компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-19 вместе с дисциплиной Б1.В.ОД.3 «Техническая термодинамика и теплотехника»**

Код компетенции	Названия учебных дисциплин, модулей, практик, участвующих в формировании компетенции вместе с данной дисциплиной	Курсы / семестры обучения				
		1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	5 курс
	Физика					

	Инженерная графика					
	Прикладная механика					
	Электротехника и электроника					
	Общая химическая технология					
	<b>Техническая термодинамика и теплотехника</b>					
	Введение в технологию органических веществ					
	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской работы					
	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности					
	Научно-исследовательская работа					
	Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					
ОПК-2	Общая и неорганическая химия					
	Органическая химия					
	Физическая химия					
	Экология					
	Коллоидная химия					
	<b>Техническая термодинамика и теплотехника</b>					
	Научно-исследовательская работа					
	Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					
ПК-19	Прикладная механика					
	Электротехника и электроника					
	<b>Техническая термодинамика и теплотехника</b>					
	Системы управления технологическими процессами					
	Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки					
	Разработка технологий разделения в органическом синтезе и нефтепереработки					
	Проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки					
	Процессы и аппараты химической технологии					
	Научно-исследовательская работа					
	Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					

**Таблица 3.2 – Этапы формирования компетенций вместе с дисциплиной  
Б1.В.ОД.3 «Техническая термодинамика и теплотехника»**

Код	Наименование компетенции	Наименования дисциплин		
		Начальный этап (пороговый уровень)	Основной этап (углубленный уровень)	Завершающий этап (продвинутый уровень)
ОПК-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	1.Физика 2. Инженерная графика 3. Прикладная механика 4. Электротехника и электроника 5. Общая химическая технология 6. <b>Техническая термодинамика и теплотехника</b> 7. Введение в технологию органических веществ 8. Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков 9. Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности 10. Научно-исследовательская работа	1. Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР	
ОПК-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	1. Общая и неорганическая химия 2. Органическая химия 3. Физическая химия 4. Экология 5. Коллоидная химия 6. <b>Техническая термодинамика и теплотехника</b> 7. Научно-исследовательская работа	1. Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР	
ПК-19	Готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.	1. Прикладная механика 2. Электротехника и электроника 3. <b>Техническая термодинамика и теплотехника</b> 4. Системы управления технологическими процессами 5. Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки 6. Разработка технологий разделения в органическом синтезе и нефтепереработки 7. Проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки 8. Процессы и аппараты химической технологии 9. Научно-исследовательская работа	1. Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР	

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



Объем дисциплины (общая трудоемкость) составляет 3 зачетные единицы (з.е), что соответствует 108 академическим часам, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем 13 часов, самостоятельная работа обучающихся 91 час.

В табл. 4.1 представлена структура дисциплины.

**Таблица 4.1 - Структура дисциплины**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Курс 2</b>
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>	13	13
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	8	8
- лекции (Л)	4	4
- лабораторные работы (ЛР)	4	4
- практические занятия (ПЗ)	-	-
- практикумы (П)	-	-
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	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 трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>	108/3	108/3

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

### **5.1. Разделы дисциплины и виды занятий**

Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины приведено в табл. 5.1.

Тематическое содержание разделов дисциплины, с перечислением содержащихся в них дидактических единиц приведено в табл. 5.2.

Темы лабораторных работ приведены в табл. 5.3, виды самостоятельной работы – в табл. 5.4.

**Таблица 5.1 - Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины**

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий и их трудоемкость, часы						
		Всего часов (без зачета)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Внеаудиторная контактная работа	СРС	Формируемые компетенции ОК, ОПК, ПК, ПСК
1	Введение. Основные понятия термодинамики	2,2	0,1	-	-	0,1	2	ОПК-1,2 ПК-19
2	Первый закон термодинамики	6,5	0,2	-	-	0,3	6	ОПК-1,2 ПК-19
3	Второй закон термодинамики. Круговые процессы	8,8	0,4	-	-	0,4	8	ОПК-1,2 ПК-19
4	Определение теплоты процесса	24,9	0,5	-	4	0,4	20	ОПК-1,2 ПК-19
5	Термодинамические процессы идеального газа в технике	8,7	0,4	-	-	0,3	8	ОПК-1,2 ПК-19
6	Термодинамические процессы реальных газов	8,9	0,5	-	-	0,4	8	ОПК-1,2 ПК-19
7	Применение первого закона термодинамики для открытых систем	8,8	0,4	-	-	0,4	8	ОПК-1,2 ПК-19
8	Циклы паросиловых и газотурбинных установок	6,6	0,3	-	-	0,3	6	ОПК-1,2 ПК-19
9	Анализ необратимых процессов.	4,4	0,2	-	-	0,2	4	ОПК-1,2 ПК-19
10	Эксергетический анализ термодинамических систем	4,5	0,2	-	-	0,3	4	ОПК-1,2 ПК-19
11	Получение тепловой энергии	4,4	0,2	-	-	0,2	4	ОПК-1,2 ПК-19
12	Котлоагрегаты в химической промышленности	6,5	0,2	-	-	0,3	6	ОПК-1,2 ПК-19
13	Вторичные энергетические ресурсы в химической промышленности	4,4	0,2	-	-	0,2	4	ОПК-1,2 ПК-19
14	Энерго-химико-технологические системы	3,4	0,2	-	-	0,2	3	ОПК-1,2 ПК-19
	Выполнение контрольной работы	1	-	-	-	1		ОПК-1,2 ПК-19
<b>ИТОГО</b>		<b>104</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>91</b>	

**Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплины (по лекциям)**

№ раздела	Наименование раздела	Код компетенции	Содержание темы (наименование темы, перечисление дидактических единиц)	Трудоемкость (час.)	Технология оценивания
1	Введение. Основные понятия термодинамики	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 1.1.</b> Ознакомление с учебной литературой. Основы термодинамического анализа.	0,05	Тестирование
			<b>Тема 1.2.</b> Понятие термодинамической системы, параметры состояния и процесса. Энтальпия, располагаемая работа	0,05	

2	Первый закон термодинамики	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 2.1.</b> Первый закон термодинамики Внутренняя энергия, работа изменения объема, теплота, энтальпия, располагаемая работа. Первый закон термодинамики для закрытых и открытых систем	0,2	Тестирование
3	Второй закон термодинамики	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 3.1.</b> Второй закон термодинамики Содержание и формулировки второго закона термодинамики. Круговые процессы или циклы. Циклы Карно	0,2	Тестирование
			<b>Тема 3.2.</b> Энтропия. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Принцип возрастания энтропии Тепловая диаграмма $T, s$	0,2	
4	Определение теплоты процесса	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 4.1.</b> Определение теплоты процесса по уравнениям теплопереноса. Определение теплоты процесса из уравнения энергобаланса. Определение теплоты процесса через изменение энтропии.	0,25	Тестирование
			<b>Тема 4.2.</b> Теплоёмкость. Определение теплоты через теплоёмкость процесса. Связь изохорной и изобарной теплоемкости с внутренней энергией и энтальпией. Формула Майера	0,25	
5	Термодинамические процессы идеального газа в технике	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 5.1.</b> Термодинамические процессы идеального газа в технике. Метод исследования процессов идеального газа. Анализ политропных процессов	0,4	Тестирование
6	Термодинамические процессы реальных газов	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 6.1.</b> Реальные газы, пары.	0,1	Тестирование
			<b>Тема 6.2.</b> Водяной пар. Диаграммы и таблицы водяного пара. Определение параметров воды и пара. Основные процессы с водяным паром	0,4	
7	Применение первого закона термодинамики для открытых систем	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 7.1.</b> Анализ термодинамических процессов в открытых системах. Истечение газов и паров. Дросселирование газов и паров	0,2	Тестирование
			<b>Тема 7.2.</b> Сжатие газов. Одноступенчатый компрессор объемного действия. Многоступенчатый компрессор	0,2	
8	Циклы паросиловых и газотурбинных установок	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 8.1.</b> Циклы паросиловых и газотурбинных установок Цикл Карно для насыщенного водяного пара Цикл Ренкина. Цикл с промежуточным перегревом пара. Теплофикационный цикл Циклы газотурбинных установок	0,3	Тестирование
9	Анализ необратимых процессов	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 9.1.</b> Термодинамический анализ необратимых процессов. Возрастание энтропии и потери возможной полезной работы. Диссипация энергии	0,2	Тестирование

10	Эксергетический анализ термодинамических систем	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 10.1.</b> Эксергетический анализ термодинамических систем. Физическая и химическая эксергия. Эксергетический баланс. Снижение потерь эксергии в термодинамических системах	0,2	Тестирование
11	Получение тепловой энергии	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 11.1.</b> Получение тепловой энергии. Виды топлива и характеристики. Горение топлива. Организация сжигания топлива	0,2	Тестирование
12	Котлоагрегаты в химической промышленности	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 12.1.</b> Котлоагрегаты в химической промышленности. Паро- и теплогенераторы. Виды энергоносителей, используемых в паро- и теплогенераторах	0,2	Тестирование
13	Вторичные энергоресурсы в химической промышленности	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 13.1.</b> Вторичные энергоресурсы. Виды ВЭВ, пути использования ВЭР	0,2	Тестирование
14	Энерго-химико-технологические системы	ОПК-1,2 ПК-19	<b>Тема 14.1.</b> Энерго-химико-технологические системы Примеры реализации энерго-химико-технологических систем в промышленности	0,2	Тестирование
<b>Итого</b>				4	

**Таблица 5.3 - Темы лабораторных работ**

№ раздела	Наименование раздела	Код компетенции	Темы лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Технология оценивания
4	Определение теплоты процесса	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	Перенос тепла теплопроводностью, конвективной теплоотдачей, излучением. Теплопередача	4	коллоквиум
4	Определение теплоты процесса	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	Определение коэффициента теплопроводности методом трубы	4*	защита лабораторной работы, отчет о лабораторной работе
4	Определение теплоты процесса	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха	4*	защита лабораторной работы, отчет о лабораторной работе
4	Определение теплоты процесса	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	Процесс теплопередачи и теплообменные аппараты	4*	защита лабораторной работы, отчет о лабораторной работе

\*-выполняется одна или две (в сокращенном объеме) лабораторные работы по указанию преподавателя

**Таблица 5.4 - Самостоятельная работа студентов**

№ р-ла	Наименование темы	Код компетенции	Виды самостоятельной работы (детализация – виды самостоятельной работы по каждому разделу)	Трудоемкость (час.)	Технология оценивания
1.	Введение. Основные понятия термодинамики	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию	1 1	Выполнение тестов
2	Первый закон термодинамики	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	3 1 2	Выполнение тестов, контрольной работы
3	Второй закон термодинамики	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	5 1 2	Выполнение тестов, контрольной работы
4	Определение теплоты процесса	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы - подготовка к коллоквиуму; - оформление отчетов о лабораторной работе; - подготовка к собеседованиям по обозначенным вопросам	9 1 2 2 3 3	Выполнение тестов, контрольной работы, коллоквиум, отчеты о лабораторных работах, собеседование
5	Термодинамические процессы идеального газа в технике	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	5 1 2	Выполнение тестов, контрольной работы
6	Термодинамические процессы реальных газов	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	5 1 2	Выполнение тестов, контрольной работы
7	Применение первого закона термодинамики для открытых систем	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	5 1 2	Выполнение тестов, контрольной работы
8	Циклы паросиловых и газотурбинных установок	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	3 1 2	Выполнение тестов, контрольной работы
9	Анализ необратимых процессов	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	2 1 1	Выполнение тестов, контрольной работы
10	Эксергетический анализ термодинамических систем	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	2 1 1	Выполнение тестов, контрольной работы
11	Получение тепловой энергии	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	2 1 1	Выполнение тестов, контрольной работы
12	Котлоагрегаты в химической промышленности	ОПК-1, ОПК-2,	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	4 1 1	Выполнение тестов, контрольной работы

		ПК-19			
13	Вторичные энергоресурсы в химической промышленности	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	2 1 1	Выполнение тестов, контрольной работы
14	Энерго-химико-технологические системы	ОПК-1, ОПК-2, ПК-19	- изучение литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к тестированию; - выполнение контрольной работы	1 1 1	Выполнение тестов, контрольной работы
<b>Итого:</b>				91	

## 5.2. Примерная тематика рефератов (докладов, эссе)

не предусматриваются

## 5.3. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

не предусматриваются

## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника»

6.1. Темы и содержание учебных занятий в форме самостоятельной работы представлены в табл. 6.1.

**Таблица 6.1. - Темы и содержание учебных занятий в форме самостоятельной работы**

Раздел	Тема	Содержание занятий	Трудоемкость, часов
1.	Тема 1.1 и 1.2	1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с. С.6-13; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.14-50. 2. Работа с основными понятиями. 3. Работа с вопросами для самоконтроля. 4. Подготовка к тестированию.	0,5 0,25 0,25 1
2	Тема 2.1	1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с. С.11-16; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.37-54. 2. Работа с основными понятиями. 3. Работа с вопросами для самоконтроля. 4. Подготовка к тестированию. 5. Выполнение контрольной работы.	2 0,5 0,5 1 2
3	Тема 3.1 и 3.2	1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с. С.52-67; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.137-164. 2. Работа с основными понятиями. 3. Работа с вопросами для самоконтроля. 4. Подготовка к тестированию. 5. Выполнение контрольной работы.	3 1 1 1 2

4	Тема 4.1 и 4.2	<p>1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с. С.16-21, 112-115, 130-133, 167-170; учебника В.В.Нащокин «Техническая термодинамика и теплопередача», 1980.- 469 с.; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.54-72; методических указаний к лабораторным работам.</p> <p>2. Работа с основными понятиями.</p> <p>3. Работа с вопросами для самоконтроля.</p> <p>4. Подготовка к тестированию.</p> <p>5. Выполнение контрольной работы.</p> <p>5. Оформление отчетов по лабораторным работам.</p> <p>6.Работа с вопросами для подготовки к собеседованию и коллоквиуму</p>	<p>7</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>5</p>
5	Тема 5.1	<p>1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с. С.23-29; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.72-90.</p> <p>2. Работа с основными понятиями.</p> <p>3. Работа с вопросами для самоконтроля.</p> <p>4. Подготовка к тестированию.</p> <p>5. Выполнение контрольной работы.</p>	<p>3</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>2</p>
6	Тема 6.1 и 6.2	<p>1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с.С.29-41; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.90-124.</p> <p>2. Работа с основными понятиями</p> <p>3. Работа с вопросами для самоконтроля.</p> <p>4. Подготовка к тестированию.</p> <p>5. Выполнение контрольной работы.</p>	<p>4</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>1</p> <p>2</p>
7	Тема 7.1 и 7.2	<p>1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с. С41-50, 81-89; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.170-173.</p> <p>2. Работа с основными понятиями.</p> <p>3. Работа с вопросами для самоконтроля.</p> <p>4. Подготовка к тестированию.</p> <p>5. Выполнение контрольной работы.</p>	<p>4</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>1</p> <p>2</p>
8	Тема 8.1	<p>1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с. С. 90-100; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.125-137.</p> <p>2. Работа с основными понятиями.</p> <p>3. Работа с вопросами для самоконтроля.</p> <p>4. Подготовка к тестированию.</p> <p>5. Выполнение контрольной работы.</p>	<p>2</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>1</p> <p>2</p>
9	Тема 9.1	<p>1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с.С.53-59; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.165-168.</p> <p>2. Работа с основными понятиями</p> <p>3. Работа с вопросами для самоконтроля.</p> <p>4. Подготовка к тестированию.</p> <p>5. Выполнение контрольной работы.</p>	<p>1</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> <p>1</p> <p>1</p>

10	Тема 10.1	1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с. С.72-81, 312-317; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.194-208. 2. Работа с основными понятиями. 3. Работа с вопросами для самоконтроля. 4. Подготовка к тестированию. 5. Выполнение контрольной работы.	1 0,5 0,5 1 1
11	Тема 11.1	1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с. С.72-81, 312-317; учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.194-208. 2. Работа с основными понятиями. 3. Работа с вопросами для самоконтроля. 4. Подготовка к тестированию. 5. Выполнение контрольной работы.	1 0,5 0,5 1 1
12	Тема 12.1	1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с.С.276-297. 2. Работа с основными понятиями 3. Работа с вопросами для самоконтроля. 4. Подготовка к тестированию 5. Выполнение контрольной работы.	3 0,5 0,5 1 1
13	Тема 13.1	1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с.С.325-329. 2. Работа с основными понятиями 3. Работа с вопросами для самоконтроля. 4. Подготовка к тестированию. 5. Выполнение контрольной работы.	1 0,5 0,5 1 1
14	Тема 14.1	1. Чтение учебника А.В.Чечеткин, М.А.Занемонец «Теплотехника», 1986.-344с.С.329-335 учебного пособия Р.П.Шпаковский. «Техническая термодинамика», 2009. – 251с. С.125-137.. 2. Работа с основными понятиями 3. Работа с вопросами для самоконтроля. 4. Подготовка к тестированию. 5. Выполнение контрольной работы.	0,5 0,25 0,25 1 1
			91

## 6.2. Список литературы для самостоятельной работы

№ пп	Наименование источника
1	Чечеткин А.В., Занемонец М.А. Теплотехника: Учебник для вузов .-М.: Высшая школа, 1986.- 344 с.
2	Шпаковский Р.П. Техническая термодинамика: Учебное пособие.- НГТУ, Н.Новгород,2009.- 251 с.
3	Александров А.А. Термодинамические основы циклов паротурбинных установок: Учебное пособие.- М.: Изд.дом МЭИ, 2006.- 158 с.
4	Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воздуха и продуктов сгорания топлив: Справочник.- М.: Энергоатомиздат,1984.- 104 с.
5	Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник.- М.: Энергоатомиздат, 1985.- 80 с.



6	Ривкин С.Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара: Справочник.- М.: Энергия, 1980.- 424 с.
7	Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебное пособие.- М.,-: Высшая школа, 1980.- 469 с.
8	Шпаковский Р.П., Рузанов С.Р., Сажина Е.Н. Термодинамические основы процессов сжатия газов в поршневых компрессорах: Методические указания по дисциплине «Термодинамика».- НГТУ, Н,Новгород, 2004.- 14 с.
9	Шпаковский Р.П., Рузанов С.Р. Термодинамика процессов идеального газа: Методические указания по дисциплине «Термодинамика».- ДПИ НГТУ, 2015.- 60 с.
10	Шпаковский Р.П. Водяной пар. Паротурбинная установка: Методические указания по дисциплине «Термодинамика».- ДПИ НГТУ, 2015.- 20 с.
11	Сост. Шпаковский Р.П. Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха: Методические указания к лабораторной работе по курсам «Техническая термодинамика и теплотехника», «Теплотехника», «Тепло- и хладотехника» для студентов всех направлений и форм обучения.- Дзержинск, 2013.- 14 с.
12	Сост. Шпаковский Р.П. Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов методом трубы: Методические указания к лабораторной работе по курсам «Техническая термодинамика и теплотехника», «Теплотехника», «Тепло- и хладотехника» для студентов всех направлений и форм обучения.- Дзержинск, 2013.- 14 с.
13	Шишкин В.И. Экспериментальное изучение процессов теплообмена: Учебное пособие.- Горький,1983.- 118 с.
14	Сост.Пастухова Г.В., Чубенко М.Н. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» для обучающихся направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология»; ДПИ НГТУ. – Дзержинск, 2020. -60 с.

### **6.3. Методическое сопровождение самостоятельной работы:**

Самостоятельная работа по дисциплине регламентируется следующими разработками:

1. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samoct\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf?20).

## **7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине Б1.В.ОД.3 «Техническая термодинамика и теплотехника»**

### **7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

Этапы формирования компетенций (с указанием дисциплин, формирующих компетенции совместно с дисциплиной Б1.В.ОД.3 «Техническая термодинамика и теплотехника») отражены в разделе 3 (табл. 3.1 и 3.2)

Зная этапы формирования компетенций и место дисциплины Б1.В.ОД.3 «Техническая термодинамика и теплотехника» в этой ценностной цепочке создаем систему оценки уровней сформированности компетенций и результатов обучения по данной дисциплине. Для этого планируем результаты обучения (знать, уметь и владеть) оцениваем, применив определенные критерии оценки, для чего формируем шкалу и процедуры оценивания (табл. 7.1).

Для каждого результата обучения выделяем 4 критерия, соответствующих степени сформированности данной компетенции (или ее части).

Эталонный планируемый результат соответствует критерию 4 (точность, правильность, соответствие).

Критерии 1-3 – показатели «отклонений от «эталона»».

Критерий 2 – минимальный приемлемый уровень сформированности компетенции (или ее части).

**Таблица 7.1. – Шкалы оценивания на этапе промежуточной аттестации по дисциплине**

№ пп	Наименование этапа	Технология оценивания	Шкала (уровень) оценивания (j – уровень оценивания)				Этапы контроля
			ниже порогового К1	Пороговый К2	Углубленный К3	Продвинутый К4	
1	Усвоение материала дисциплины	Знаниевая компонента	Отсутствие усвоения	Не полное усвоение	Хорошее усвоение	Отличное усвоение	Зачет
		Деятельностная компонента (Задачи, задания)	Невыполнение лабораторных работ, тестов, контрольной работы	Лабораторные работы выполнены, отчеты о лабораторных работах не содержат анализа полученных результатов и обоснованных выводов, контрольная работа выполнена с замечаниями	Лабораторные работы выполнены, отчеты о лабораторных работах содержат анализ полученных результатов, выводы не достаточно обоснованы, контрольная работа в основном соответствует требованиям	Лабораторные работы выполнены, отчеты о лабораторных работах содержат анализ полученных результатов и обоснованные выводы, контрольная работа полностью соответствует требованиям	

Критерии для определения уровня сформированности компетенций в рамках дисциплины при промежуточной аттестации (зачет):

Знаниевый компонент (знания) включает в себя планирование знаний на следующих уровнях:

- уровень знакомства с теоретическими основами - З<sub>1</sub>;
- уровень воспроизведения - З<sub>2</sub>;
- уровень извлечения новых знаний - З<sub>3</sub>.

Деятельностный компонент (умения и навыки) планируется на следующих уровнях:

- умение выполнять лабораторные задания, оформлять отчеты о лабораторных работах - У<sub>1</sub>;
- умение анализировать полученные результаты, уметь сопоставлять и анализировать информацию из разных источников при выполнении отчетов о лабораторных работах и контрольной работы - У<sub>2</sub>;
- умение делать обоснованные выводы на основании полученных результатов логически излагать, делать обобщенные выводы и рекомендации - У<sub>3</sub>.

**7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формировании, описание шкал оценивания (табл. 7.2)**

**Таблица 7.2 – Показатели достижений заданного уровня освоения компетенций в зависимости от этапа формирования**

Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения				Процедуры оценивания
	1.Отсутствие усвоения	2.Не полное усвоение	3.Хорошее усвоение	4.Отличное усвоение	
<b>ЗНАТЬ ОПК-1</b>					
<b>З1</b> - знать основы термодинамики	Не знает теоретические основы термодинамики	Знает не в полном объеме теоретические основы термодинамики	Знает почти в полном объеме теоретические основы термодинамики	Знает в полном объеме теоретические основы термодинамики	Тестирование, собеседование
<b>З2</b> - воспроизводить основы термодинамики и теплотехники	Не может воспроизводить основы термодинамики и теплотехники	Воспроизводит не в полном объеме основы термодинамики и теплотехники	Воспроизводит почти в полном объеме основы термодинамики и теплотехники	Воспроизводит в полном объеме основы термодинамики и теплотехники	Тестирование, собеседование, индивидуальное задание
<b>З3</b> - извлекать новые знания по основам термодинамики и теплотехники	Не может извлекать новые знания по основам термодинамики и теплотехники	В небольшой степени извлекает новые знания по основам термодинамики и теплотехники	Может извлекать новые знания по основам термодинамики и теплотехники	Активно осваивает новые знания по основам термодинамики и теплотехники	Тестирование, собеседование, индивидуальное задание
<b>УМЕТЬ ОПК-1</b>					
<b>У1</b> – уметь применять методы и законы термодинамики для решения практических задач	Не умеет применять методы и законы термодинамики для решения практических задач	Применяет не в полном объеме методы и законы термодинамики для решения практических задач	Применяет в основном методы и законы термодинамики для решения практических задач	Применяет в полном объеме методы и законы термодинамики для решения практических задач	Тестирование, собеседование, защита лабораторных работ, контрольная работа
<b>У2</b> – уметь анализировать решения практических задач	Не умеет анализировать решения практических задач	Слабо умеет анализировать решения практических задач	Не в полной мере умеет анализировать решения практических задач	Уверенно умеет анализировать решения практических задач	Тестирование, собеседование, отчеты о лабораторных работах, контрольная работа
<b>У3</b> – уметь делать обоснованные выводы при решении практических задач	Не умеет делать обоснованные выводы при решении практических задач	Не достаточно умеет делать обоснованные выводы при решении практических задач	Не в полной мере умеет делать обоснованные выводы при решении практических задач	Уверенно умеет делать обоснованные выводы при решении практических задач	Тестирование, собеседование, отчеты о лабораторных работах контрольная работа
<b>ЗНАТЬ ОПК-2</b>					
<b>З1</b> - понятия физической и химической эксергии, проблемы энергообеспечения и экономии энергоресурсов	Не знает понятия физической и химической эксергии, проблемы энергообеспечения и экономии энергоресурсов	Знает не в полном объеме понятия физической и химической эксергии, проблемы энергообеспечения и	Знает практически в полном объеме понятия физической и химической эксергии, проблемы энергообеспе-	Знает в полном объеме понятия физической и химической эксергии, проблемы энергообеспечения и экономии энергоресурсов	Тестирование, собеседование

<b>32</b> - воспроизводить знания физических основ процессов теплопереноса	Не может воспроизводить знания физических основ	Воспроизводит не в полном объеме знания физических основ	Воспроизводит в полном объеме знания физических основ	Воспроизводит в полном объеме знания физических основ	Тестирование, собеседование, отчеты по лабораторным работам
<b>32-</b> воспроизводить знания физической и химической эксергии, диссипации	Не может воспроизводить знания физической эксергии, диссипации	Воспроизводит не в полном объеме знания физической эксергии, диссипации	Воспроизводит в полном объеме знания физической эксергии, диссипации	Воспроизводит в полном объеме знания физической эксергии, диссипации	Тестирование, собеседование
<b>33</b> в области физико-экономических процессов теплопереноса	Не может привлечь новые знания по физическим основам энергоснабжения и экономии энергоресурсов	В небольшой степени привлекает новые знания по физическим основам энергоснабжения и экономии энергоресурсов	Может привлечь новые знания по физическим основам энергоснабжения и экономии энергоресурсов	Активно осваивает новые знания по эксергии, диссипации энергии, проблемам теплопереноса для решения возникающих задач	Тестирование, собеседование, отчеты по лабораторным работам
<b>33</b> - привлечь новые знания по эксергии, диссипации энергии, проблемам теплопереноса для решения возникающих задач	Не может привлечь новые знания по эксергии, диссипации энергии, проблемам теплопереноса для решения возникающих задач	В небольшой степени привлекает новые знания по эксергии, диссипации энергии, проблемам теплопереноса для решения возникающих задач	Может привлечь новые знания по эксергии, диссипации энергии, проблемам теплопереноса для решения возникающих задач	Активно осваивает новые знания по эксергии, диссипации энергии, проблемам теплопереноса для решения возникающих задач	Тестирование, собеседование, отчеты по лабораторным работам
<b>У2</b> - уметь анализировать решения практических задач по теплопереносу	Не умеет анализировать	Слабо умеет анализировать	Уверенно анализирует	Уверенно анализирует	Тестирование, собеседование, отчеты по лабораторным работам
<b>У1</b> - применять методы эксергетического анализа и делать заключения об эффективности технических решений	Не умеет применять методы эксергетического анализа и делать заключения об эффективности технических решений	Слабо умеет применять методы эксергетического анализа и делать заключения об эффективности технических решений	Уверенно применяет методы эксергетического анализа и делать заключения об эффективности технических решений	Уверенно применяет методы эксергетического анализа и делать заключения об эффективности технических решений	Тестирование, собеседование, отчеты по лабораторным работам
<b>У3</b> - уметь делать обоснованные выводы на основании результатов решения практических задач по теплопереносу	Не умеет делать обоснованные выводы на основании результатов решения практических задач по теплопереносу	Слабо умеет делать обоснованные выводы на основании результатов решения практических задач по теплопереносу	Уверенно делает обоснованные выводы на основании результатов решения практических задач по теплопереносу	Уверенно делает обоснованные выводы на основании результатов решения практических задач по теплопереносу	Тестирование, собеседование, отчеты по лабораторным работам
<b>У2</b> - уметь анализировать решения практических задач по теплопереносу	Не умеет анализировать решения практических задач по теплопереносу	Слабо умеет анализировать решения практических задач по теплопереносу	Уверенно анализирует решения практических задач по теплопереносу	Уверенно анализирует решения практических задач по теплопереносу	Тестирование, собеседование
<b>У3</b> - уметь делать заключения об эффективности технических решений	Не умеет делать заключения об эффективности технических решений	Слабо умеет делать заключения об эффективности технических решений	Уверенно делает заключения об эффективности технических решений	Уверенно делает заключения об эффективности технических решений	Тестирование, собеседование
<b>ЗНАТЬ ПК-19</b>					
<b>31</b> - знать физические основы процессов теплопереноса	Не знает физические основы процессов теплопереноса	Знает не в полном объеме физические основы процессов теплопереноса	Знает практически в полном объеме физические основы процессов теплопереноса	Знает в полном объеме физические основы процессов теплопереноса	Тестирование, собеседование, отчеты по лабораторным работам

### 7.3. Материалы для текущей аттестации

Шкалы оценивания этапа текущей аттестации приведены в табл. 7.3.

**Таблица 7.3 – Этап текущей аттестации по дисциплине**

Вид оценивания аудиторных занятий	Технология оценивания	Шкала (уровень) оценивания на этапе текущего контроля				
		1.Отсутствие усвоения (ниже порога) К1	2.Не полное усвоение (пороговый) К2	3.Хорошее усвоение (углубленный) К3	4.Отличное усвоение (продвинутый) К4	
1.Работа на лекциях	1	Выполнение тестов	выполнение менее 50%	выполнение выше 50%	выполнение более 75%	выполнение более 95%
2.Работа на лабораторных занятиях	2	Выполнение лабораторных работ и оформление отчетов о лабораторных работах, коллоквиумы	работа не выполнена, т.к. материал не усвоен	работа выполнена, но отчет не полностью соответствует требованиям	работа выполнена, отчет содержит незначительные недочеты	работа и отчет выполнены без замечаний
	3	Участие в групповых обсуждениях	отсутствие участия при обсуждении темы коллоквиума	единичное высказывание при обсуждении темы коллоквиума	активное участие в обсуждении	высказывание неординарных суждений с обоснованием точки зрения
Контрольная работа	4	Выполнение контрольной работы	Работа не выполнена	Работа выполнена с существенными замечаниями, требующими исправления	Работа выполнена с незначительными замечаниями	Работа выполнена без замечаний
<b>Оценка:</b>			Неудовл	Удовл	Хорошо	Отлично

**Критериальная оценка:**

Пороговый уровень	Оценка «удовлетворительно»	1.2+2.2+3.2+4.2	
Углубленный уровень	Оценка «хорошо»	1.3+2.3+3.3+4.3	или
		1.3+2.3+ 3.2+4.3	
Продвинутый уровень	Оценка «отлично»	1.4+2.4+3.4+4.4	или
		1.4+2.4+3.3+4.4	

**7.4. Материалы для промежуточной аттестации**

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачет.

Шкала оценивания этапа промежуточной аттестации (*зачет*) приведена в табл. 7.4.

**Таблица 7.4 – Этап промежуточной аттестации по дисциплине Б1.В.ОД.3 «Техническая термодинамика и теплотехника»**

Наименование этапа оценивания	Технология оценивания	Шкала (уровень) оценивания на этапе промежуточной аттестации				Этапы контроля
		1.Отсутствие усвоения (ниже порогового)	2.Неполное усвоение (пороговый)	3.Хорошее усвоение (углубленный)	4. Отличное усвоение (продвинутый)	

Выполнение лабораторных работ	Выполнение работ		невыполнение работ	выполнение с нарушением рекомендуемых методик работы	выполнение с соблюдением рекомендуемых методик работы	выполнение с полным и точным соблюдением рекомендуемых методик работы	Допуск к работам
	Отчеты о лабораторных работах		отсутствие отчетов	содержание отчета не полностью соответствует требованиям	содержание отчета в целом соответствует требованиям	содержание отчета полностью соответствует требованиям, отчет содержит обоснованные выводы по работе	Отчет о лабораторной работе
Отработка пропущенных занятий			не выполнена лабораторная работа	неполное усвоение	хорошее усвоение	отличное усвоение	Допуск к собеседованию по лаб. Работам
Выполнение контрольной работы			контрольная работа не выполнена	контрольная работа выполнена на невысоком уровне	контрольная работа выполнена с небольшими замечаниями	контрольная работа выполнена на хорошем уровне	Контрольная работа
Усвоение материала	Знаниевая компонента	З	не выполнение заданий	неполное усвоение	хорошее усвоение	отличное усвоение	Зачет
	Деятельностная компонента	У	отсутствие отчетов о лабораторных работах, контрольной работы	Неполное умение использовать основные законы и соотношения технической термодинамики	умение использовать основные законы и соотношения технической термодинамики	умение использовать основные законы и соотношения технической термодинамики высокого уровне	
<b>Оценка</b>			Не зачтено	Зачтено			

### Критериальная оценка:

Пороговый уровень	Оценка «удовлетворительно»	$Z_1 + Y_1$ или $Z_2 + Y_1$
Углубленный уровень	Оценка «хорошо»	$Z_2 + Y_2$ или $Z_3 + Y_2$ или $Z_1 + Y_3$
Продвинутый уровень	Оценка «отлично»	$Z_3 + Y_3$ или $Z_2 + Y_3$

**Оценки «зачтено»** заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка «зачтено» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на зачете и при выполнении заданий текущего контроля, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

**Оценка «не зачтено»** выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий. Оценка «не зачтено» ставится

обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

**7.5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной деятельности**

**7.5.1. Конкретная технология оценивания, оценочные средства**

Конкретная технология оценивания, в зависимости от вида учебной работы, представлена в табл. 5.2 - 5.5, оценочные средства указаны в табл. 7.5.

Для выполнения процедур оценивания составлен паспорт оценочных средств (табл. 7.5).

**Таблица 7.5 - Паспорт оценочных средств**

№ п/п	Тематика для контроля	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Количество тестовых заданий	Другие оценочные средства		
				вид	количество	контрольная работа
1	Тема 1. Введение. Основные понятия термодинамики	ОПК-1,2; ПК-19	80			Число заданий в контрольной работе – 6, число вариантов зависит от числа студентов в группе
2	Тема 2. Первый закон термодинамики	ОПК-1,2; ПК-19		Вопросы для собеседования	8	
3	Тема 3. Второй закон термодинамики. Круговые процессы	ОПК-1,2; ПК-19		Вопросы для собеседования	8	
4	Тема 4. Определение теплоты процесса	ОПК-1,2; ПК-19		Вопросы для собеседования	10	
5	Тема 5. Термодинамические процессы идеального газа в технике	ОПК-1,2; ПК-19		Вопросы для собеседования	8	
6	Тема 6. Термодинамические процессы реальных газов	ОПК-1,2; ПК-19		Вопросы для собеседования	8	
7	Тема 7. Применение первого закона термодинамики для открытых систем	ОПК-1,2; ПК-19			8	
8	Тема 8. Циклы паросиловых и газотурбинных установок	ОПК-1,2; ПК-19			8	
9	Тема 9. Анализ необратимых процессов.	ОПК-1,2; ПК-19			20	
10	Тема 10. Эксергетический анализ термодинамических сис-	ОПК-1,2; ПК-19			8	

	тем				
11	Тема 11. Получение тепловой энергии	ОПК-1,2; ПК-19			8
12	Тема 12. Котлоагрегаты в химической промышленности	ОПК-1,2; ПК-19			8
13	Тема 13. Вторичные энергетические ресурсы в химической промышленности	ОПК-1,2; ПК-19			8
14	Тема 14. Энерго-химико-технологические системы	ОПК-1,2; ПК-19			8

### 7.5.2. Комплект оценочных материалов, предназначенных для оценивания уровня сформированности компетенций на определенных этапах обучения

Объектами оценивания выступают (таблица 7.3, 7.5):

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний, уровень овладения практическими умениями и навыками (выполнение лабораторных работ);
- результаты самостоятельной работы (домашняя работа).

Активность студента на занятиях оценивается на основе выполненных студентом работ и заданий, предусмотренных данной рабочей программой дисциплины.

Комплект оценочных материалов для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена включает в себя комплект заданий для текущей и промежуточной аттестации.

#### 7.5.2.1. Комплект оценочных материалов для текущей аттестации

Тесты, проводимые в письменной форме (количество оценочных средств согласно паспорту, таблица 7.5) или на электронной платформе Moodle на сайте ДПИ НГТУ: <http://dpingtu.ru/Moodle>.

*Пример теста* по дисциплине (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Химические и пищевые технологии»):

#### *Идеальные газы*

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



д) совокупность всех частей системы, одинаковых по составу и свойствам и отделенных от других частей системы поверхностями раздела.

3. Ограниченная каким – либо образом часть материального мира, которая составляет предмет исследования термодинамики это –

- а) фаза; г) компонент;
- б) система; д) поверхность.
- в) процесс;

4. Закон Бойля – Мариотта можно представить в виде:

- а)  $v_1 p_1 = v_2 p_2$ ; г)  $v_1/v_2 = T_1/T_2$ ;
- б)  $V_1 T_1 = V_2 T_2$ ; д)  $V_1/V_2 = t_1/t_2$ .
- в)  $v_1/p_1 = v_2/p_2$ ;

5. В цилиндре с подвижным поршнем находится  $0,6 \text{ м}^3$  воздуха при давлении  $0,4 \text{ МПа}$ . Каким должен стать объем, чтобы при повышении давления до  $0,8 \text{ МПа}$  температура воздуха не изменилась:

- а)  $1,2 \text{ м}^3$ ; г)  $0,6 \text{ м}^3$ ;
- б)  $0,53 \text{ м}^3$ ; д)  $0,2 \text{ м}^3$ .
- в)  $0,3 \text{ м}^3$ ;

6. Закон Гей-Люссака можно представить в виде:

- а)  $P/T = \text{const}$ ; г)  $V_1 T_1 = V_2 T_2$ ;
- б)  $V_1/V_2 = T_1/T_2$ ; д)  $PV = RT$ .
- в)  $V_1 P_1 = V_2 P_2$ ;

7. В воздухоподогреватель парового котла подается  $130000 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха при температуре  $30^\circ\text{C}$ . 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)  $287500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

8. Основное уравнение кинетической теории газов имеет вид:

- а)  $PV = \text{const}$ ; г)  $P/T = \text{const}$ ;
- б)  $P = 2/3(N/v)(mw^2)/2$ ; д)  $p = \sum p_i$ .
- в)  $PV = nRT$ ;

9. Объединенное уравнение Бойля – Мариотта и Гей – Люссака имеет вид:

- а)  $P = 1/3nm_0v^2$ ; г)  $PV = nRT$ ;
- б)  $v_1/v_2 = T_1/T_2$ ; д)  $P_1 V_1/T_1 = P_2 V_2/T_2$ .
- в)  $P_1 T_1/V_1 = P_2 T_2/V_2$ ;

10. Какой объем воздух занимает при нормальных условиях, если при  $200^\circ\text{C}$  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)  $0,82 \text{ м}^3$ ;

11. Определите удельную газовую постоянную аргона, молекулярная масса которого равна  $\mu = 39,94$ .

- а)  $8,31 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ ; г)  $208,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ ;
- б)  $39,94 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ ; д)  $40,8 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ .
- в)  $332,0 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ ;

#### Газовые смеси

12. Под газовой смесью 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.

13. 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;

14. 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;

15. Удельную газовую постоянную смеси газов можно определить как

а)  $R_{см} = \sum_1^n m_i R_i$  ;

г)  $R_{см}$  для всех смесей одинакова;

б)  $R_{см} = 8314 / \sum_1^n m_i R_i$

д) нет правильного ответа.

в)  $R_{см} = 8314 \mu_{см}$ ;

16. Кажущаяся мольная масса смеси определяется по формуле:

а)  $\mu_{см} = \sum_1^n r_i \mu_i$

г) все ответы верны;

б)  $\mu_{см} = 1 / \sum_1^n r_i \mu_i$

д) нет верных ответов.

в)  $\mu_{см} = 8314 / R_{см}$ ;

### Теплота и работа

17. Подводимая извне теплота для рабочего тела открытой системы расходуется на

а) уменьшение энтальпии и совершение технической работы;

б) увеличение энтропии, кинетической энергии и совершение технической работы;

в) увеличение энтальпии, кинетической энергии и совершение технической работы;

ты;

г) увеличение энтальпии и совершение технической работы;

д) уменьшение энтропии, кинетической энергии и совершение технической работы.

ты.

18. Передачу энергии от одного тела к другому, связанную с изменением объема рабочего тела, называют

а) теплотой;

г) расширением;

б) теплопроводностью;

д) работой.

в) фазовым переходом;

19. Теплота - это

а) форма передачи энергии;

г) способ передачи энергии;

б) метод передачи энергии;

д) нет правильного ответа.

в) путь передачи энергии;

20. Удельная внутренняя энергия идеального газа пропорциональна его

а) давлению;

г) совершаемой работе;

б) температуре;

д) плотности.

в) объему;

21. Теплота и работа являются
- функцией состояния и функцией процесса;
  - функцией процесса и функцией состояния;
  - функциями состояния;
  - функциями процесса;
  - нет правильного ответа.
22. Выражение первого закона термодинамики можно записать как
- $Q = \Delta U + L$ ;
  - $Q = \Delta U - L$ ;
  - $\Delta U = Q + L$ ;
  - $L = Q + \Delta U$
  - $L = \Delta U - Q$ .

### *Теплоемкость*

23. Количество теплоты, которое необходимо сообщить телу, чтобы повысить температуру какой-либо количественной единицы на  $1^\circ\text{C}$ , называют:
- температуропроводность;
  - теплоотдача;
  - теплопроводность;
  - теплоемкость;
  - тепловосприимчивость.
24. Закон Майера связывает изохорную и изобарную теплоемкости соотношением:
- $C_v = C_p + R$ ;
  - $C_p = C_v - R$ ;
  - $R = C_p / C_v$ ;
  - $C_p = C_v + R$ ;
  - $C_v + C_p = R$ .
25. Истинная теплоемкость-это отношение бесконечно малого (элементарного) количества теплоты
- к бесконечно малому (элементарному) изменению температуры;
  - к бесконечно большому изменению температуры;
  - к определенному изменению температуры;
  - к изменению температуры от  $0^\circ\text{C}$  до заданной температуры;
  - нет верного ответа.
26. Нелинейную зависимость истинной теплоемкости от температуры представляют обычно уравнением вида:
- $C = a - b \cdot t - d \cdot t^2$ ;
  - $C = a - b \cdot t$ ;
  - $C = a + b \cdot t + d \cdot t^2$ ;
  - $C = a + b / 2(t_1 + t_2)$ ;
  - $C = a + b \cdot \Delta t + d \cdot \Delta t^2$ .
27. Для большинства веществ с увеличением температуры теплоемкость:
- линейно убывает;
  - линейно возрастает;
  - остаётся постоянной;
  - нелинейно убывает;
  - нелинейно возрастает.

### *Второй закон термодинамики. Цикл Карно*

1. Выберите неверную формулировку 2 закона термодинамики
- невозможен циклический процесс, единственным результатом которого было бы превращение всей теплоты, полученной от источника, в работу;
  - вечный двигатель второго рода невозможен;
  - теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более горячему
  - в самопроизвольных процессах, происходящих без изменения энергии, энтропия уменьшается;
  - второй закон термодинамики определяет направление, в котором протекают процессы, устанавливает условия преобразования тепловой энергии в механическую, определяет максимальное значение работы, которая может быть произведена тепловым двигателем.
2. Обобщенным (регенеративным) циклом Карно называется

- а) цикл, в котором принимают участие регенераторы теплоты;
  - б) регенеративный обратимый цикл, состоящий из двух изотерм и двух любых произвольных эквидистантных кривых;
  - в) цикл, в котором один из процессов является необратимым;
  - г) цикл Карно в обратном направлении;
  - д) нет правильного ответа.
3. Работа в цикле Карно максимальна при условии
- а) температура рабочего тела равна температуре теплоотдатчика и наименьшая температура рабочего тела равна температуре теплоприемника;
  - б) система находится в равновесии с окружающей средой;
  - в) температуры рабочего тела равны, т.е.  $T_1 = T_2$ ;
  - г) совершается необратимый процесс;
  - д) при переходе системы из равновесного состояния в неравновесное.
4. Работа в тепловом двигателе совершается за счет
- а) подводимой теплоты;
  - б) увеличения энтальпии рабочего тела;
  - в) увеличения объема рабочего тела;
  - г) уменьшения энтальпии рабочего тела;
  - д) нет правильного ответа.
5. При каком процессе сжатия затрачивается минимальная работа
- а) изотермическом;
  - б) адиабатическом;
  - в) политропном;
  - г) при всех процессах работа одинакова;
  - д) работа не зависит от характера процесса сжатия.
6. В многоступенчатом компрессоре по сравнению с одноступенчатым
- а) быстрее скорость сжатия;
  - б) меньше работа сжатия;
  - в) больше объем сжимаемого газа;
  - г) меньше размеры компрессора;
  - д) нет правильного ответа.

#### *Процессы идеального газа*

1. Соотношение параметров в изотермическом процессе
- а)  $P_1/P_2 = V_2/V_1$ ;
  - б)  $P_1/P_2 = V_1/V_2$ ;
  - в)  $T_1/T_2 = V_1/V_2$ ;
  - г)  $P_1 \cdot V_1^n = P_2 \cdot V_2^n$ ;
  - д)  $T_1/T_2 = V_2/V_1$ .
2. При изотермическом сжатии
- а) давление газа падает;
  - б) давление и температура не изменяются;
  - в) изменяется внутренняя энергия;
  - г) давление газа возрастает;
  - д) объем увеличивается.
3. Поверхность, соединяющую все точки с одинаковой температурой называют
- а) изохорной;
  - б) изобарной;
  - в) изотермической;
  - г) адиабатической;
  - д) политропной.
4. Работа адиабатного процесса расширения газа совершается
- а) за счет уменьшения внутренней энергии;
  - б) за счет теплоты, поступающей извне;
  - в) за счет изменения объема;
  - г) за счет возрастания температуры газа;

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

### *Реальные газы. Пары*

1. Реальные газы – это
- а) газы, полностью подчиняющиеся законам Бойля – Мариотта и Гей-Люссака;  
 б) газы, в которых отсутствуют силы взаимного притяжения и отталкивания между молекулами, а объем самих молекул пренебрежительно мал по сравнению с объемом самого газа;  
 в) газы при высоких температурах и малых давлениях;  
 г) газы, молекулы которых имеют собственные конечные объемы и связаны между собой силами взаимодействия, имеющими электромагнитную и квантовую природу;  
 д) нет правильного ответа.
2. Постоянная «а» в уравнении Ван дер Вальса учитывает
- а) собственный объем молекул;  
 б) температуру газа;  
 в) скорость движения молекул;  
 г) траекторию движения молекул;  
 д) силы взаимодействия молекул.
3. Постоянная «b» в уравнении Ван дер Вальса учитывает
- а) собственный объем молекул;

- б) температуру газа;
  - в) скорость движения молекул;
  - г) траекторию движения молекул;
  - д) силы взаимодействия молекул.
4. Уравнение Вукаловича – Новикова является уравнением состояния
- а) идеального газа;
  - б) совершенного раствора;
  - в) водяного пара;
  - г) реального газа;
  - д) нет правильного ответа.
5. Перегретым называют пар, имеющий
- а) при данном давлении более высокую температуру, чем сухой насыщенный пар;
  - б) при данной температуре более высокое давление, чем сухой насыщенный пар;
  - в) температуру ниже температуры кипения жидкости;
  - г) при данной температуре меньший объем, чем сухой насыщенный пар;
  - д) нет правильного ответа.
6. В цикле Ренкина в отличие от цикла Карно возможно
- а) применение перегретого пара;
  - б) конденсация рабочего тела;
  - в) нагрев рабочего тела;
  - г) применение влажного пара;
  - д) нет правильного ответа.

*Термодинамически необратимые процессы*

1. При дросселировании происходит:
- а) увеличение энтальпии и уменьшение удельного объема;
  - б) уменьшение энтропии и увеличение внутренней энергии;
  - в) увеличение давления и работоспособности;
  - г) увеличение энтропии и уменьшение работоспособности;
  - д) уменьшение энтальпии и увеличение работоспособности.
2. Водяной пар при давлении 18 бар и температуре 250°C дросселируется до 10 бар. Определить температуру пара после дросселирования.
- а) 300°C;
  - б) 370 °C;
  - в) 234 °C;
  - г) 117 °C;
  - д) нет правильного ответа.

**Вопросы для собеседования при сдаче отчетов о лабораторных работах** (примеры):

- понятие теплопроводности;
- перенос теплоты теплопроводностью в телах с разным агрегатным состоянием;
- понятие температурного поля, уравнение температурного поля в общем виде;
- уравнение одномерного стационарного температурного поля;
- понятие изотермической поверхности;
- градиент температуры;
- формулировка и математическое выражение закона Фурье;
- плотность теплового потока;
- физическая сущность коэффициента теплопроводности, влияние факторов на величину коэффициента;

- вид изотермических поверхностей в неограниченных плоской и цилиндрической стенках;
- коэффициент теплопроводности для пористых материалов.

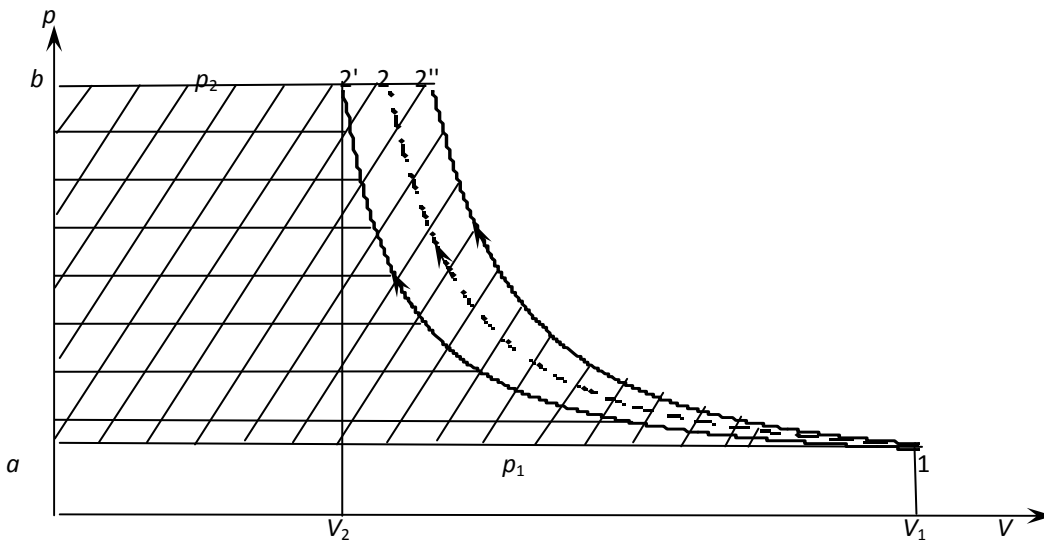
### **Пример задания для контрольной работы**

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°C, чем при 50°C, если давление остается неизменным?
4. В регенеративном подогревателе газовой турбины воздух нагревается от 150 до 600°C. 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°C. 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.

### **Вопросы для подготовки к коллоквиуму (контрольные вопросы)**

1. Написать уравнение Клапейрона для 1 кг идеального газа, указать единицы измерения в СИ, пояснить физический смысл входящих в него величин.
2. Абсолютное давление равно 10 бар. Атмосферное давление равно 750 мм рт. ст. Какое давление покажет манометр (шкала в барах)?
3. Манометрическое давление – 5 бар. Чему равно абсолютное давление?
4. Написать формулы для подсчета абсолютного давления, если в одном случае измеряется избыточное давление (используется манометр), а в другом – величина разрежения (используется вакуумметр).
5. Подсчитать газовую постоянную водорода  $H_2$ , используя универсальную газовую постоянную  $R_u=8314$  Дж/(кмоль·К).
6. Газовая постоянная  $R$  (кДж/(кг·К)) соответствует работе одного кг идеального газа при изменении его температуры на один градус. Для какого процесса действительна такая трактовка?
7. Почему изобарная теплоемкость  $c_p$  больше изохорной теплоемкости  $c_v$ ? Пояснить на основе физических соображений.
8. Дать определение теплоемкости процесса. Теплоемкости массовые (удельные), мольные, объемные, соотношения между ними.
9. Дать определения базисных процессов: изохорного, изобарного, изотермического, адиабатного. Уметь изобразить каждый из этих процессов (с соответствующими пояснениями) в  $p-v$  и  $T-s$  координатах.
10. Какой процесс идеального газа называется политропным? Написать его уравнение; уметь дать его вывод. Указать единицы измерения (в СИ) и физический смысл входящих в него величин.
11. Каким значениям показателя политропы  $n$  соответствуют процессы 1)  $p=\text{const}$ ; 2)  $v=\text{const}$ ; 3)  $T=\text{const}$ ; 4)  $s=\text{const}$ ?
12. По формуле  $l = \frac{R}{n-1}(T_1 - T_2)$  подсчитывается работа изменения объема (расширения или сжатия) в политропном процессе. Как, зная эту работу и показатель политропного процесса  $n$ , определить располагаемую работу  $l'$  этого процесса.

13. Имеется два процесса политропного сжатия с показателями:  $n_1=1,25$  и  $n_2=1,35$ . В каком из указанных процессов затрачиваемая работа на сжатие  $l'$  будет больше, а конечная температура выше? Ответ пояснить с использованием изображений этих процессов в  $p-v$  и  $T-s$  координатах.
14. Имеются три процесса политропного сжатия воздуха:  $n_1=1,0$ ;  $n_2=1,30$  и  $n_3=1,40$ . В каком из указанных процессов водяное охлаждение компрессора отсутствует и в каком оно будет наиболее эффективным? В каком процессе затрачиваемая работа  $l'$  будет наименьшей? Ответы пояснить с использованием изображений этих процессов в  $p-v$  и  $T-s$  координатах.
15. На графике в  $p-v$  - координатах изображены три процесса сжатия воздуха в компрессоре политропный ( $k > n > 1$ ), изотермический, адиабатный. Какому из указанных (т.е. 1-2', 1-2 или 1-2'') соответствуют процессы, изображенные на рисунке?



16. Написать уравнение адиабатного процесса идеального газа, указать единицы измерения (в СИ) и физический смысл входящих в него величин. Почему обратимый (бездиссипативный) адиабатный процесс называют также изоэнтропным? Обосновать.
17. Как подсчитать среднюю массовую скорость газа или жидкости в трубопроводах?
18. Обосновать формулу для определения диаметра нагнетательного (или всасывающего) трубопровода компрессора  $d = \sqrt{4V/\pi w 3600}$ .
19. Температура воздуха, протекающего в трубопроводе при неизменном диаметре, снизилась с  $t_1=277^\circ\text{C}$  до  $t_2=107^\circ\text{C}$ . Как изменится средняя скорость потока? Давление и массовый расход остаются неизменными.
20. Давление воздуха, протекающего в трубопроводе при неизменных диаметре, температуре и массовом расходе, повысилось с 0,4 МПа (избыточных) до 0,9 МПа избыточных. Как изменится средняя массовая скорость потока?
21. Обосновать формулу для определения теоретической мощности, развиваемой компрессором  $N = Gl'/3600$ , кВт.
22. Обосновать: 1 кВт·ч = 3600 кДж.
23. Пояснить формулу для подсчета расхода охлаждающей воды

$$G_{\text{в}} = (qG)_{\text{возд}} / (c_{\text{в}} \Delta t_{\text{в}}), \text{ кг/ч,}$$

индексы: «в»- относится к охлаждающей воде; «возд» - к воздуху.

24. При каком значении показателя политропы  $n$  расход воды на охлаждение цилиндра одноступенчатого поршневого компрессора будет наибольшим и при каком - равен нулю?



25. Теплота политропного процесса подсчитывается по формуле  $q = c_v \frac{n-k}{n-1} (T_2 - T_1)$ , кДж/кг. Пояснить, чему соответствует выражение  $c_v \frac{n-k}{n-1}$ .
26. Дать определения открытой и закрытой термодинамической систем.
27. Написать уравнения первого закона термодинамики (различные формы).
28. Что такое энтальпия, пояснить её физический смысл, какие используются обозначения? В каких единицах она измеряется?
29. Тепловой баланс теоретического процесса сжатия в цилиндре компрессора может быть записан в виде:  $\Delta h = q - l'$ , или как  $|l'| = \Delta h + |q|$ . Какая из соответствующих величин теплового баланса уходит из цилиндра компрессора с воздухом, а какая передаётся охлаждающей воде и уносится с ней?
30. В каком термодинамическом процессе теплота, подводимая к системе, идет только на изменение энтальпии? В каком термодинамическом процессе количество теплоты можно подсчитать как разность энтальпии?
31. Изобразить в  $p$ - $V$  и  $T$ - $s$  координатах процессы изотермического, политропного и адиабатного сжатия воздуха в компрессоре.
32. На  $T$ - $s$  диаграмме построены изобары начального и конечного давления в цилиндре компрессора. Как на этой же диаграмме изобразить процесс обратимого адиабатного сжатия. Как определить на этой же диаграмме конечную температуру адиабатного сжатия. Как определить эту же температуру расчётом (состояние газа на входе в цилиндр известно).
33. Показать в  $T$ - $s$  диаграмме площади, соответствующие составляющим теплового баланса политропного процесса сжатия в цилиндре компрессора. Дать пояснения.
34. Как вы понимаете, что такое энтропия? Её обозначение, единица (-ы) измерения.
35. Чему эквивалентны площади под линией процесса сжатия в  $p$ - $V$  и  $T$ - $s$  координатах (на диаграммах  $p$ - $V$  и  $T$ - $s$ )?
36. Чем отличается идеальная (теоретическая) диаграмма работы компрессора от реальной (индикаторной)? Показать в  $p$ - $V$  координатах, как протекает расширение остатков воздуха во вредном («мёртвом») пространстве.

### 7.5.2.2. Комплект оценочных материалов для промежуточной аттестации

Перечень вопросов к зачету 2 курса по дисциплине Б1.В.ОД.3 «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 теплёмкостей; 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 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.

### 7.6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Методические материалы представлены ниже:

- Положение о фонде оценочных средств для установления уровня сформированности компетенций обучающихся и выпускников на соответствие требованиям ФГОС ВО от 5 декабря 2014 г. [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/norm\\_dokym\\_ngty/pologo\\_fonde\\_ocen\\_sredstv.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/norm_dokym_ngty/pologo_fonde_ocen_sredstv.pdf) ;
- Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся НГТУ [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/norm\\_dokym\\_ngty/polog\\_kontrol\\_yspev.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/norm_dokym_ngty/polog_kontrol_yspev.pdf) .

### 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б.1.В.ОД.3 Техническая термодинамика и теплотехника <i>(полное название дисциплины)</i>	Б1.В Вариативная часть							
	<input checked="" type="checkbox"/> обязательная <input type="checkbox"/> по выбору студента	<input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла						
18.03.01 <i>(код направления / специальности)</i>	Химическая технология <i>(полное название направления подготовки / специальности)</i>							
ХТ <i>(аббревиатура направления / специальности)</i>	Уровень подготовки <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; text-align: center;">x</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>		x		Форма обучения <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; text-align: center;">x</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>		x	
x								
x								
	специалист бакалавр магистр	очная заочная очно-заочная						



2021  
(год утверждения  
учебного плана ОПОП)

Курс 2

Количество групп 2  
Количество студентов 30

Составители программы:

1) Пастухова Г.В. Дзержинский политехнический институт, кафедра «Химические и пищевые технологии», тел. 34-67-37

### СПИСОК ИЗДАНИЙ

№ пп	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпля- ров в биб- лиотеке
1 Основная литература		
1	Чечеткин А.В., Занемонец М.А. Теплотехника. Уч. для вузов, М.: Высшая школа, 1986.-344 с.	83
2	Шпаковский Р.П.. Техническая термодинамика. Уч пос., Н.Новгород: НГТУ. 2009. – 251с	396
3	Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. Уч. пособие, М.: Высшая школа, 1980. – 469 с.	97
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воздуха и продуктов сгорания топлив. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 104 с.	2
2	Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. М. : Энергоатомиздат, 1985. -80 с.	4
3	Александров А.А. Термодинамические основы циклов паротурбинных установок. Уч пос., М., Изд.дом МЭИ, 2006.-158 с.	2
4	Синявский Ю.В Сборник задач по теплотехнике. СПб.: ГИОРД, 2010.-128 с.	35
5	Шишкин В.И. экспериментальное изучение процессов теплообмена. Уч.пос., Горький: изд.ГПИ, 1983.-118 с.	47

**Основные данные об обеспеченности на**

\_\_\_\_\_ (дата составления рабочей программы)

основная литература  обеспечена  не обеспечена

дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

**Данные об обеспеченности на**

\_\_\_\_\_ (дата составления рабочей программы)

основная литература  обеспечена  не обеспечена

дополнительная литература

обеспечена

не обеспечена

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

### 9.1. Ресурсы системы федеральных образовательных порталов:

1. Федеральный портал. Российское образование. <http://www.edu.ru/>
  2. Российский образовательный портал. <http://www.school.edu.ru/default.asp>
  3. Естественный научно-образовательный портал. <http://www.en.edu.ru/>
  4. Федеральный правовой портал. Юридическая Россия. <http://www.law.edu.ru/>
  5. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. <http://www.ict.edu.ru/>
  6. Федеральный образовательный портал. Социально-гуманитарное и политическое образование. <http://www.humanities.edu.ru/>
  7. Российский портал открытого образования. <http://www.openet.edu.ru/>
  8. Федеральный образовательный портал. Инженерное образование. <http://www.techno.edu.ru/>
  9. Федеральный образовательный портал. Здоровье и образование. <http://www.valeo.edu.ru/>
  10. Федеральный образовательный портал. Международное образование. <http://www.international.edu.ru/>
  11. Федеральный образовательный портал. Непрерывная подготовка преподавателей. <http://www.neo.edu.ru/wps/portal>
  12. Государственное учреждение «Центр исследований и статистики науки» ЦИСН. Официальный сайт: <http://www.csrs.ru/about/default.htm>.
  13. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. Электронный ресурс: <http://www.gks.ru>.
- Зарубежные сетевые ресурсы
14. Архив научных журналов издательства <http://iopscience.iop.org/> и т.д.

### 9.2. Научно-техническая библиотека НГТУ им. Р.Е. Алексеева <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl.html>

#### 9.2.1. Электронные библиотечные системы

Электронно-библиотечная система ООО «Издательство Лань»:

Электронный каталог книг <http://library.nntu.nnov.ru/>

Электронный каталог периодических изданий <http://library.nntu.nnov.ru/>

Информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки ЭКБСОН <http://www.vlibrary.ru/>

Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE НГТУ»  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub)

Электронная библиотека "Айбукс" <http://ibooks.ru/>

Реферативные наукометрические базы

WebofScience [http://apps.webofknowledge.com/UA\\_GeneralSearch\\_input.do](http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do)

Scopus <http://www.scopus.com/>

Реферативные журналы [http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/ref\\_gyrnal\\_14.htm](http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/ref_gyrnal_14.htm)

Госты Нормы, правила, стандарты и законодательство России

<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/norma.htm>

База данных гостей РосИнформ Вологодского ЦНТИ

[http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/baza\\_gost.htm](http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/baza_gost.htm)

Бюллетени новых поступлений литературы в библиотеку

<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/index.htm>

Ресурсы Интернет <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/index.htm>

Персональные библиографические указатели ученых НГТУ

[http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl\\_ych.html](http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl_ych.html)

*Доступ онлайн*

Научные журналы НЭИКОН

ЭБС BOOK.ru.

База данных зарубежных диссертаций "ProQuestDissertation&ThesesGlobal"

ЭБС ZNANIUM.COM

ЭБС издательства "Лань"

ЭБС "Айбукс"

База данных Scopus издательства Elsevier; База данных WebofScienceCoreCollection

База данных Polpred.com Обзор СМИ

Электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/news.html>

### **9.3. Центр дистанционных образовательных технологий НГТУ им. Р.Е. Алексеева**

Электронная библиотека [http://cdot-nntu.ru/?page\\_id=312](http://cdot-nntu.ru/?page_id=312)

#### **9.4 Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ <http://www.dpi-ngtu.ru/>**

##### **9.4.1. Электронные библиотечные системы**

Электронно-библиотечная система ООО «Издательство Лань»: <http://e.lanbook.com/>

Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» <http://biblio-online.at/home?1>

Информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»

<http://window.edu.ru/catalog/>

Госты Нормы, правила, стандарты и законодательство России <http://gost-rf.ru/>

Электронная библиотека [eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/defaultx.asp](http://elibrary.ru/defaultx.asp)

##### **9.4.2. Информационные ресурсы библиотеки ДПИ НГТУ**

Электронный каталог - локально

Электронная библиотека - локально

База выполненных запросов - локально

**Реферативные журналы Falcon 2.0** - локально

Справочно-поисковая система «КонсультантПлюс» - локально

Виртуальная выставка трудов преподавателей ДПИ НГТУ <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/1115—2015>

Виртуальная выставка трудов преподавателей ДПИ НГТУ (Архив) <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/862-virtvistavkaprepoddingtu>

Библиографические указатели преподавателей ДПИ НГТУ <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/798-biblukazateliprepodovdpi>

Бюллетень новых поступлений [http://dpi-ngtu.ru/doc\\_for\\_load/novie\\_postuplenia.pdf](http://dpi-ngtu.ru/doc_for_load/novie_postuplenia.pdf)

Периодические издания: «Периодические издания ДПИ НГТУ»; «Сводный список журналов»;

«Журналы в интернете» <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/periodizdaniya>

Виртуальные выставки <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/virtvistavki>

Научно-техническая библиотека НГТУ им. Р.Е. Алексеева

<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bilt.html>

##### **9.4.3. Интернет-ресурсы <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/resources>**

Официальные сайты

Образовательные ресурсы

Библиотеки в интернете

Патенты и стандарты

Информационные центры

Энциклопедии, справочники, словари

**9.4.4. Материалы в помощь студентам:** <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/resourses>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **10.1. Методические рекомендации, разработанные преподавателями:**

Сост. Шпаковский Р.П. Термодинамические основы процессов сжатия газов в поршневых компрессорах. Методические указания по курсам «Термодинамика», «Техническая термодинамика и теплотехника». -Н.Новгород, 2004.

Сост. Шпаковский Р.П. Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха. Методические указания к лабораторной работе по курсам «Термодинамика», «Техническая термодинамика и теплотехника». -Дзержинск, 2013.

Сост. Шпаковский Р.П. Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов методом трубы. Методические указания к лабораторной работе по курсам «Термодинамика», «Техническая термодинамика и теплотехника». -Дзержинск, 2013.

Сост. Шпаковский Р.П. 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». -Дзержинск, 2015.

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

Сост. Пастухова Г.В., Чубенко М.Н. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» для обучающихся направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология»; ДПИ НГТУ. –Дзержинск, 2020. -60 с.

### **10.2. Методические рекомендации НГТУ им. Р.Е.Алексеева:**

- Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_aydit\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20). Дата обращения 23.09.2015.
- Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samoct\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf?20). Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf).
- Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf).

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

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

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке отчетов о лабораторных работах и индивидуальном практическом задании, оформлении отчетов о лабораторных работах. При осуществлении образовательного процесса студентами и ППС используется следующее программное обеспечение:

-Microsoft Office;

-Портал электронного обеспечения НГТУ и др.

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

№ ауд	Наименование аудитории	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
1161	Аудитория лекционных занятий	164	180
2202	Лаборатория	62	25
1441	Компьютерный класс	65	12

№ ауд	Наименование специализированных аудиторий и лабораторий	Перечень основного оборудования
1161	Аудитория лекционных занятий	Мультимедийное оборудование
2202	Лаборатория	Лабораторные установки по изучению теплопроводности сыпучих материалов, теплоотдачи в условиях естественной конвекции, определению коэффициента теплового излучения и степени черного твердого тела, коэффициента теплопередачи в теплообменном аппарате, электронные амперметры, вольтметры, измерители температуры, расходомеры.
1441	Компьютерный класс	Персональные компьютеры 12 шт.