

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » апреля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Теплотехника  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.03.03 Прикладная механика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Прикладная механика (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний в области получения, преобразования, передачи и использования теплоты, формирование умений и навыков термодинамического исследования рабочих процессов в теплообменных аппаратах, теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основные законы термодинамики и теплопередачи, термодинамические процессы и циклы, свойства рабочих тел (газов и паров), процессы передачи тепла теплопроводностью, конвекцией и излучением, основы расчета теплообменных аппаратов и теплоэнергетических установок.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знает основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, теплотехники, методы математического анализа и моделирования.	Знает основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования.	Зачет
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Умеет применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования теплотехнических процессов в профессиональной деятельности.	Умеет применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.	Защита лабораторной работы
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владеет методами теплотехники, естественнонаучных и инженерных дисциплин.	Владеет методами естественнонаучных и инженерных дисциплин.	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
5-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Рабочее тело и его параметры	4	4	0	10
Предмет и задачи курса термодинамики и ее метод. Исторические сведения о развитии термодинамики. Законы термодинамики. Термодинамическая система, окружающая среда и взаимодействие между ними. Термодинамическое равновесие и термодинамический процесс. Рабочее тело. Реальный газ и модель идеального газа. Основные параметры состояния. Законы идеального газа. Уравнения состояния для идеального и реального газов (Клапейрона и Ван-Дер-Ваальса). Тепловые свойства рабочих тел, газовая постоянная. Теплоемкость газов, ее виды и взаимосвязь между ними. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Истинная и средняя теплоемкости. Теплоемкость как функция процесса. Изохорная и изобарная теплоемкости, уравнение Майера. Внутренняя энергия и энтальпия газа. Смеси идеальных газов. Способы задания смеси газов, закон Дальтона. Определение плотности смеси, кажущейся относительной молярной массы и газовой постоянной. Теплоемкость смеси газов.				
Первый закон термодинамики.	2	4	0	10
Сущность и уравнение первого закона термодинамики. Слагаемые первого закона: внутренняя энергия, работа и теплота. Определение работы для газового потока и неподвижного газа. Математическая формулировка первого закона для газового потока и неподвижного газа, правило знаков. Равновесные термодинамические процессы и их графическое изображение в P-V диаграмме. Работа расширения-сжатия. Обратимые и необратимые процессы. Круговые термодинамические процессы (циклы). Первый закон термодинамики для цикла. Применение первого закона термодинамики для анализа политропных процессов. Уравнение политропы, показатель политропы, определение работы и теплоты. Теплоемкость процесса. Частные случаи политропного процесса: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. P-V диаграмма политропных процессов.				
Второй закон термодинамики.	2	4	0	10
Различные формулировки второго закона термодинамики. Прямые и обратные циклы и их эффективность. Идеальный термодинамический цикл Карно и его к.п.д. Теорема Карно. Абсолютная температура. Отрицательные				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
абсолютные температуры и их получение. Энтропия - мера беспорядка и мера качества энергии. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики. Эксергия и максимальная работа. Статистический характер второго закона термодинамики. Термодинамическая вероятность. Уравнение Больцмана. Фундаментальный характер второго закона термодинамики. Иллюстрация второго закона термодинамики на примерах. Тепловые диаграммы T-S и I-S. Изображение процессов на тепловых диаграммах.				
Теплопроводность и теплопередача.	2	4	0	10
Способы распространения теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение, их сравнительный анализ. Теплоотдача и теплопередача. Интенсификация процессов теплообмена. Тепловой поток, плотность теплового потока. Температурное поле, температурный градиент. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности: геометрические, теплофизические, краевые. Тепловые граничные условия. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме и граничных условиях первого и третьего рода. Тепловая изоляция. Теплопроводность при нестационарном режиме.				
Конвективный теплообмен.	4	2	0	22
Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Свободная и вынужденная конвекция. Ламинарный и турбулентный режим течения. Математическая постановка и пути решения краевой задачи конвективного теплообмена. Основы теории подобия. Критериальные уравнения теплоотдачи при свободном и вынужденном движении среды. Отдельные задачи конвективного теплообмена в однофазной среде. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах. Теплоотдача при свободном движении теплоносителя. Внешнее обтекание тел простой формы. Конвективный теплообмен в замкнутом объеме. Интенсификация теплообмена.				
Теплообмен излучением. Сложный теплообмен.	2	0	0	10
Физическая сущность лучистого теплообмена, виды потоков излучения и радиационные характеристики тел. Основные законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа). Лучистый теплообмен между телами,				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
разделенными прозрачной средой. Защита от теплового излучения. Сложный теплообмен. Моделирование сложного теплообмена граничными условиями третьего рода.				
ИТОГО по 5-му семестру	16	18	0	72
ИТОГО по дисциплине	16	18	0	72

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование политропных процессов
2	Исследование работы компрессора
3	Определение коэффициента теплопроводности твердого тела методом трубы
4	Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

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

**6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**6.1. Печатная учебно-методическая литература**

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Нашокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие для вузов. 4-е изд., стер. Москва : Аз-book, 2008. 469 с.	286
2	Нашокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие для вузов. 4-е изд., стер. Москва : Аз-book, 2009. 469 с.	171
3	Теплотехника : учебник для вузов / Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М., Нечаев С.Г. 5-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2005. 671 с.	4
4	Теплотехника : учебник для вузов / Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М., Нечаев С.Г. 5-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2006. 671 с.	3
5	Теплотехника : учебник для вузов / Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М., Нечаев С.Г. 7-е изд., испр. М. : Высш. шк., 2009. 671 с.	19
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Исаев С. И. Термодинамика : учебник. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 413 с.	33
2	Мухачев Г. А., Шукин В. К. Термодинамика и теплопередача : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. Москва : Высш. шк., 1991. 480 с.	247
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Литвин А. М. Техническая термодинамика : учебник / А. М. Литвин. - Москва Ленинград: Госэнергоиздат, 1963.	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib7044">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib7044</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Перегудов В. В. Теплотехника и теплотехническое оборудование : учебник для техникумов / В. В. Перегудов. - Москва: Стройиздат, 1990.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2724">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2724</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Теплотехника (курс общей теплотехники) : учебник для вузов / А. А. Щукин [и др.]. - Москва: Металлургия, 1973.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7043">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7043</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Дыблин Б. С. Основы технической термодинамики и теплотехники : учебное пособие / Б. С. Дыблин. - Пермь: Изд-во БФ ПНИПУ, 2013.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3549">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3549</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ABINS.NET каф.СПМиТМ

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>



Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Лабораторное оборудование "Теплотехника"	11
Лекция	Ноутбук, проектор	1

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Теплотехника»**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	28.03.03 Наноматериалы
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	28.03.03.51 Конструкционные наноматериалы
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Механика композиционных материалов и конструкций
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс: 3</b>	<b>Семестр: 5</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	
Зачёт: 5 семестр	

Пермь 2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Теплотехника»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.03.03 Прикладная механика
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	15.03.03.52 Прикладная механика (общий профиль, СУОС)
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Вычислительная математика, механика и биомеханика
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс:</b> 3	<b>Семестр:</b> 6
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	
Зачёт:	6 семестр

Пермь 2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Теплотехника»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	20.03.02 Природообустройство и водопользование
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	20.03.02.01 Природообустройство и природоохранная деятельность
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Охрана окружающей среды
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 2

**Семестр:** 4

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачёт: 4 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Теплотехника» является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (пятого семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине «Теплотехника» (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР/ ОПЗ	Т/КР		Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>З.1</b> Знать теорию и основные законы в области естественнонаучных, инженерных дисциплин и теплотехники.		ТО1				ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1</b> Уметь использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности, экспериментальные методы определения теплофизических свойств материалов.			ОЛР1 ОЛР2			ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>В.1</b> Владеть методами теплотехники, навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.			ОЛР3 ОЛР4			ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; ОПЗ – отчет по практическому занятию; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине

является промежуточная аттестация в виде зачёта, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ.

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 4 лабораторных работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом

или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### **2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

### **2.4. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Термодинамическая система и параметры состояния.
2. Первый закон термодинамики.
3. Второй закон термодинамики и направленность процессов.
4. Основные механизмы переноса теплоты.
5. Явление теплоотдачи, коэффициент теплоотдачи и его физический смысл.
6. Понятие лучистого теплообмена.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Вычислить термический к.п.д. заданного прямого цикла.
2. Компрессор всасывает  $600 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха при давлении 1 бар и  $t = 20^\circ\text{C}$  и сжимает его до давления 5 бар. Определить теоретическую мощность на привод компрессора при политропном сжатии ( $n = 1,25$ ).
3. Определить плотность воздуха, находящегося в помещении объемом  $50 \text{ м}^3$  при нормальных условиях.
4. Определить максимальную длину волны излучения серого тела, если оно нагрето до  $500\text{K}$ .
5. Вычислить погонный тепловой поток с поверхности трубы диаметром

0.5 м, если температурный напор равен 40°C, а коэффициент теплоотдачи 25 Вт/м<sup>2</sup>/К.

**Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Для условий лабораторной работы №3 рассчитать термическое сопротивление цилиндрического слоя испытуемого материала. Сравнить полученное значение с термическим сопротивлением плоского слоя той же толщины.

2. Показатель политропы расширения  $n = 1.23$ , атмосферное давление 99500 Па, избыточное давление после изохорного расширения 120 мм. вод. ст. Определить начальное избыточное давление в условиях лабораторной работы.

3. Коэффициент теплоотдачи с поверхности вертикальной трубы диаметром 0.05 м, длиной 1 м равен 25 Вт/м<sup>2</sup>/К. Определить число Nu, если теплопроводность воздуха 0.025 Вт/м/К.

**2.5. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

**3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

**3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.



## Приложение 1.

### *Типовые контрольные задания для оценки результатов обучения по дисциплине*

#### **Вопросы для контроля знаний:**

1. Что является основными параметрами состояния термодинамической системы?
2. Какой вид имеет уравнение состояния идеального газа?
3. Что такое термодинамический процесс и термодинамический цикл?
4. Какова формулировка первого закона термодинамики?
5. Какова формулировка второго закона термодинамики?
6. Какие существуют основные виды передачи теплоты?
7. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
8. Каков физический смысл и какова размерность коэффициента теплопроводности?
9. Запишите возможные аналитические решения для одномерных и двумерных стационарных задач теплопроводности.
10. Что такое конвективный теплообмен?
11. Что такое цикл Карно, и для чего он используется?
12. В чем заключается различие между стационарными и нестационарными температурными полями?
13. Что называют коэффициентом теплоотдачи? От каких факторов он зависит?
14. Назовите основные режимы течения теплоносителя.
15. Назовите основные числа (критерии) подобия в теории теплообмена.
16. Что представляют собой критериальные уравнения теплообмена?
17. Опишите устройство и принцип работы термопары. Какие разновидности термопар Вам известны.
18. В чём различие между обратимыми и необратимыми циклами?
19. Сформулируйте принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики.
20. В чём заключается аналогия между тепловой и рабочей диаграммами?
21. Перечислите основные типы компрессоров и назовите их основные характеристики.
22. Сформулируйте порядок термодинамического расчёта многоступенчатого идеального компрессора.
23. В чём заключается математическая формулировка задачи конвективного теплообмена?
24. Какие виды условий однозначности вам известны?
25. Каков физический смысл критериев Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля и Грасгофа?
26. Запишите общий вид уравнения подобия конвективного теплообмена.

### Задания для контроля умений:

1. Температура воздуха в аудитории  $22^{\circ}\text{C}$ , атмосферное давление  $99.5$  кПа. Определить плотность воздуха.
2. Определить удельный объем  $\text{CO}_2$ , находящегося при температуре  $300^{\circ}\text{C}$  и давлении  $3$  МПа.
3. Определить температуру воздуха после политропного расширения с показателем политропы  $n = 1.4$  до давления  $100$  кПа, если начальное давление равняется  $500$  кПа, а начальный удельный объем  $0.004$  м<sup>3</sup>/кг.
4. Запишите первый закон термодинамики для изобарного процесса.
5. Определите цикловую работу одноступенчатого поршневого компрессора ( $n = 1.3$ ), имеющего степень повышения давления  $5$ . Начальное давление  $95$  кПа при температуре  $300$  К.
6. Отношение радиусов цилиндрической стенки  $R_2/R_1 = 1.5$ , разность температур на поверхностях  $t_1 - t_2 = 50^{\circ}\text{C}$ . Определить толщину цилиндрической стенки, если градиент на внутренней поверхности стенки равен  $50$  К/м.
7. Через плоскую стенку толщиной  $S = 1$  м, теплопроводностью  $40$  Вт/(м К) передается тепловой поток плотностью  $5000$  Вт/кв.м. Найти внешнюю температуру  $T_2$ , если внутренняя температура  $T_1 = 100^{\circ}\text{C}$ .
8. Определить погонный тепловой поток (Вт/м) с поверхности трубы диаметром  $150$  мм и длиной  $1$  м в окружающую среду с температурой  $10^{\circ}\text{C}$ , если температура поверхности  $100^{\circ}\text{C}$ , коэффициент теплоотдачи  $24$  Вт/м<sup>2</sup>/К.
9. Найти коэффициент теплоотдачи нагретой стенки площадью  $10$  кв.м и температурой  $150$  град.С, если в окружающую среду температурой  $20^{\circ}\text{C}$  передается тепловой поток  $500$  Вт.
10. Через цилиндрический слой размерами  $R_1=0.1$  и  $R_2=0.15$  передается тепловой поток. Плотность потока на внутренней поверхности  $120$  Вт/м<sup>2</sup>. Определить плотность потока на наружной поверхности.
11. Определить подведенную и отведенную теплоту, а также термодинамический КПД цикла Дизеля при степени сжатия  $8$ , степени предварительного расширения  $2.6$ , начальном давлении  $90\ 000$  Па и начальной температуре  $30$  град.С. Рабочее тело – воздух.
12. Определить коэффициент теплопроводности плоского слоя, если подведенный тепловой поток равен  $10$ Вт, площадь слоя  $1$  м<sup>2</sup>, толщина  $0.1$  м, а разность температур на наружных поверхностях  $3^{\circ}\text{C}$ .
13. Определить коэффициент теплоотдачи с поверхности вертикальной трубы диаметром  $0.05$  м, длиной  $1$  м, если теплопроводность воздуха  $0.027$  Вт/м/К, а число  $Nu = 8.25$ .
15. Определить начальное давление воздуха после политропного расширения с показателем политропы  $n = 1.4$  до давления  $100$  кПа, если температура после расширения упала до  $-20$  град. С. Начальная температура  $300$  К.
16. Температура воздуха в резервуаре  $24$  град.С, давление  $300500$  Па. Определить удельный объем воздуха и его массу, если геометрический объем резервуара  $860$  л.
17. Вычислить термический к.п.д. заданного прямого цикла.

18. Компрессор всасывает 600 м<sup>3</sup>/ч воздуха при давлении 1 бар и  $t = 20^{\circ}\text{C}$  и сжимает его до давления 5 бар. Определить теоретическую мощность на привод компрессора при политропном сжатии ( $n = 1,25$ ).

19. Изобразить стационарную картину изотермических линий в поперечном и продольных сечениях цилиндрической трубы при нагреве её изнутри.

20. Определить коэффициент теплоотдачи с поверхности вертикальной трубы диаметром 0.015 м, длиной 3 м, если теплопроводность воздуха 0.02 Вт/м/К, а число  $Nu = 175$ .

21. Рассчитать значение показателя политропы сжатия в компрессоре, если нач. температура равна  $20^{\circ}\text{C}$ , нач. давление 1 атм, температура разогрева газа равна 75 К,  $\pi_k = 7,5$ .

### **Задания для контроля владений:**

1. Определить подведенную теплоту в процессе, если изменение внутренней энергии 105 кДж, а работа расширения 200 кДж.

2. Определить энтальпию в процессе, если изменение температуры равно 40 градусов, политропная теплоемкость -1150 Дж/кг/К, а располагаемая работа -78 Дж/кг.

3. Определить термодинамический КПД, если подведенная теплота 132 кДж, а отведенная теплота 95 кДж.

4. Определить подведенную теплоту, если термодинамический КПД 63%, а в цикле отводится 1225 Дж теплоты.

5. Построить обобщенную рабочую диаграмму цикла Карно.

6. Построить обобщенную тепловую диаграмму цикла Дизеля.

7. Определить удельную газовую постоянную кислорода (O<sub>2</sub>).

8. Определить тепловой поток с наружной поверхности цилиндрического ствола орудия, если коэффициент теплопроводности 50 Вт/м/К, градиент температуры по наружной поверхности 10 К/м, внутренний диаметр ствола 100 мм, толщина стенки 8 мм.

9. Записать уравнение нестационарной теплопроводности для одномерного поля температур.

10. Найти температуру среды, если с нагретой стенки площадью 5 кв.м и температурой  $150^{\circ}\text{C}$ , если в окружающую среду передается тепловой поток 500 Вт при коэффициенте теплоотдачи 20 Вт/м<sup>2</sup>/К.

11. Показатель политропы расширения  $n = 1.23$ , атмосферное давление 99500 Па, избыточное давление после изохорного расширения 120 мм. вод. ст. Определить начальное избыточное давление в условиях лабораторной работы.

12. Цикловая работа некоторого ДВС 1350 кДж, подведенная теплота 2000 кДж. Определить термодинамический КПД.

13. Определить располагаемую работу некоторого политропного процесса с  $n = 1.3$ , если работа расширения равна 1.5 МДж.

14. Какова температура воздуха в помещении при проведении замеров, если давление равно 101 кПа, а удельный объем 500 м<sup>3</sup>/кг.

15. Чему равен термодинамический КПД, если подведенная теплота 2050

кДж, а отведенная теплота 950 кДж.

16. Чему равна удельная газовая постоянная диоксида углерода (CO<sub>2</sub>).

17. Как изменится плотность азота (N<sub>2</sub>), если его изобарно нагреть на 20 градусов?

18. Коэффициент теплоотдачи с поверхности вертикальной трубы диаметром 0.05 м, длиной 1 м равен 25 Вт/м<sup>2</sup>/К. Определить число Nu, если теплопроводность воздуха 0.025 Вт/м/К.

19. Для условий лабораторной работы №3 рассчитать термическое сопротивление цилиндрического слоя испытуемого материала. Сравнить полученное значение с термическим сопротивлением плоского слоя той же толщины.

20. Определить максимальную длину волны излучения серого тела, если оно нагрето до 500К.