



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

ФИЛИАЛ ДВФУ В Г.АРСЕНЬЕВЕ

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор филиала ДВФУ  
в г. Арсеньеве  
Ю.Ф.Огнев  
« 06 » июня 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

**Специальность 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение  
специализация/ Вертолетостроение**

**Форма подготовки очная\заочная\заочная (ускоренное обучение на базе СПО)**

курс 3/3/3 семестр 5/-/-  
лекции 36/8/8 час.  
практические занятия 36/8/8 час.  
лабораторные работы - час.  
с использованием МАО 22/4/4 час.  
в электронной форме лек. -/ пр./ лаб.-  
всего часов контактной работы 72/16/16 час.  
в том числе с использованием МАО 22/4/4 час, в электронной форме - час.  
самостоятельная работа 72/128/128 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 27/9/9 час.  
курсовая работа - курс / курсовой проект  
зачет - семестр, - курс  
экзамен 5/-/- семестр, 3/3/3 курс

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 12 сентября 2016 г. № 1165

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры СВС, протокол № 05 от 26 июня 2018 г.

Составитель (ли): к.н., доцент И.А.Шипитько

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Боровкова  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Боровкова  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**Аннотация к рабочей программе дисциплины  
«Термодинамика и теплопередача»**

Учебная дисциплина Б1.В.ОД.5 «Термодинамика и теплопередача» разработана для студентов специальности 24.05.07 «Самолето – и вертолетостроение» специализации «Вертолетостроение» и входит в число обязательных дисциплин вариативной части блока 1 дисциплин учебного плана. Дисциплина Б1.В.ОД.5 «Термодинамика и теплопередача» реализуется на 3 курсе в 5 семестре для студентов очной формы обучения / на 3 курсе для студентов заочной формы обучения / на 3 курсе для студентов заочной формы обучения (ускоренные сроки обучения на базе СПО). Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часов (4 зачетные единицы), в том числе 72/16/16 часа контактной работы (36/8/8 часов – лекционные занятия, 36/8/8 часов – практические занятия) и 72/128/128 часа на самостоятельную работу студента. Оценка результатов обучения - экзамен в 5 семестре / контрольная работа и экзамен на 3 курсе / контрольная работа и экзамен на 3 курсе.

При изучении курса необходимы знания, полученные студентами на таких дисциплинах, как Б1.Б.12 «Математика», Б1.Б.15 «Физика», Б1.Б.16 «Химия», Б1.Б.14 «Информатика». Изучение дисциплины Б1.В.ОД.5 «Термодинамика и теплопередача» предвещает изучение студентами таких дисциплин, как Б1.Б.31 «Аэродинамика», Б1.Б.28 «Гидравлика и гидропривод», Б1.В.ОД.7 «Силовая установка».

Дисциплина Б1.В.ОД.5 «Термодинамика и теплопередача» входит в состав цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин в качестве национально-регионального компонента и обеспечивает совместно с другими дисциплинами качественную подготовку инженеров по специальности 24.05.07 «Самолето – и вертолетостроение», специализации «Вертолетостроение».

Основная цель изучения дисциплины – изучение физических явлений, связанных с взаимным превращением теплоты и работы в тепловых машинах, газовых турбинах, двигателях внутреннего сгорания, холодильных машинах и т.д., изучение основ теплообмена и теплопередачи в теплообменных аппаратах. И самое главное – формирование у студентов профессионально-деятельностной компоненты в системе знаний в области технической термодинамики и теплопередачи. Выработка у студентов научно-обоснованных навыков по основам теплового расчёта теплообменных аппаратов; исследования циклов различных тепловых машин; применения на практике знаний по расчёту теплообменных аппаратов; ориентирования в вопросах энергосбережения и защиты окружающей среды от выбросов вредных продуктов сгорания в атмосферу.

Задачи изучения дисциплины состоят в удовлетворении требований в подготовке студентов в области самолёто- и вертолётостроения.

Для успешного изучения дисциплины Б1.В.ОД.5 «Термодинамика и теплопередача» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОК-1: способность представить современную картину мира на основе целостной системы естественно-научных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры;
- ОПК-4: способность организовывать свой труд и самостоятельно оценивать результаты своей профессиональной деятельности, владеть навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований;
- ОПК-8: владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, умение работать с компьютером как средством управления информацией
- ПК-18: готовность к подготовке и проведению экспериментов, анализу их результатов;
- ПК-20: готовность к участию в составлении отчетов по выполненному заданию.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются и расширяются следующие профессиональные элементы компетенций.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-7: владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию, постановке целей и выбору путей их достижения	Знает	Сформированные систематические знания методов абстрактного мышления, анализа и синтеза при решении исследовательских и практических задач в области термодинамики и теплопередачи
	Умеет	Анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач и практических задач в области термодинамики и теплопередачи, оценивать термодинамическую эффективность реализации этих вариантов
	Владеет	Навыками методологического использования абстрактного мышления при решении проблем, возникающих при выполнении исследовательских и практических работ в области термодинамики и теплопередачи, самостоятельного мышления, отстаивания своей точки зрения.
ОПК-2: способность к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений	Знает	Источники информации в области термодинамики и теплопередачи, методы систематизации и анализа информации в области термодинамики и теплопередачи, взаимосвязь основных положений термодинамики и теплопередачи с принципами конструирования и работы агрегатов и систем летательных аппаратов, силовых установок
	Умеет	Собирать, систематизировать и анализировать информацию в области термодинамики и теплопередачи и применять ее при анализе работы и конструировании агрегатов и систем ЛА, силовых установок и технологического производственного оборудования
	Владеет	Навыками сбора, систематизации и анализа информации и применения данной информации при анализе работы и конструировании агрегатов и систем ЛА, силовых установок и технологического производственного оборудования

ПК-1: готовность к решению сложных инженерных задач с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин	Знает	Основные определения, понятия и термодинамики и теплопередачи, принципы реализации законов термодинамики в конструкции силовых установок летательных аппаратов, тепловых машин общего назначения, теплообменных установок, теплоизоляции машин.
	Умеет	Использовать основные понятия и закономерности термодинамики и теплопередачи при анализе проектных решений в области проектирования силовых установок летательных аппаратов, тепловых машин общего назначения, теплообменных установок, теплоизоляции машин.
	Владеет	Навыками применения основных законов термодинамики и теплопередачи при решении задач проектирования силовых установок летательных аппаратов, тепловых машин общего назначения, теплообменных установок, теплоизоляции машин.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины Б1.В.ОД.5 «Термодинамика и теплопередача» предусмотрено 36/8/8 часов активного обучения (в том числе 18/4/4 часа - в контексте лекционных занятий, 18/4/4 – в контексте практических занятий) с применением следующих методов активного/ интерактивного обучения:

- проблемная лекция;
- учебная дискуссия;
- лекция с запланированными ошибками;
- поисковая практическая работа;
- самостоятельная работа с литературой;
- выполнение учебного проекта.

По всем темам дисциплины Б1.В.ОД.5 «Термодинамика и теплопередача» проводятся лекционные занятия с использованием мультимедийной презентации.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Теоретическая часть (36/8 час.)**

Содержание теоретической части курса разбивается на темы, по которым проводятся аудиторные занятия лекционного типа с применением методов активного обучения: проблемная лекция, лекция с запланированными ошибками, учебная дискуссия.

#### **Тема 1. Основные положения термодинамики (6/1 час.)**

Законы термодинамики. Тепло, работа, теплоемкость. Основные понятия и определения. Виды энергии и их особенности. Тепло, работа как формы взаимодействия рабочего тела с окружающей средой. Теплоемкость..

#### **Тема 2. I-ое и II-ое начала термодинамики (6/1 час.)**

I и II законы термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.

#### **Тема 3. Виды термодинамических процессов (4/1 час.)**

Термодинамические процессы. Изохорный, изобарный, изотермный, адиабатный, политропный процессы.

#### **Тема 4. Циклы тепловых машин (4/1 час.)**

Циклы тепловых машин. Теоретические циклы тепловых машин. Цикл Карно. Циклы ДВС. Циклы ГТД.

#### **Тема 5. Свойства реальных газов и влажного воздуха (4/1 час.)**

Реальные газы и пары. Диаграммы и таблицы водяного пара. Водяной пар. T-S, h-S диаграммы водяного пара. Влажный воздух. Теплоемкость.

#### **Тема 6. Теплопроводность (4/1 час.)**

Теплопроводность. Основные понятия и определения. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки. Граничные условия 1, 2, 3, 4 рода. Нестационарная теплопроводность. Стационарная теплопроводность.

#### **Тема 7. Конвективный теплообмен (4/1 час.)**

Конвективный теплообмен. Свободное и вынужденное движение теплоносителя. Внешняя и внутренняя задача конвективного теплообмена.

### **Тема 8. Лучистый теплообмен (6/1 час.)**

Лучистый теплообмен. Основные законы излучения: Стефана-Больцмана, Вина, Кирхгофа. Особенности излучения.

### **Тема 9. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Расчет теплообменников (4/0 час.)**

Сложный теплообмен. Расчет теплообменника. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Теплообмен, связанный с переносом тепла за счет лучистой и конвективной составляющих теплоты. Основные понятия и определения. Виды схем течения теплоносителей

## **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (36/8 час.)**

Практические занятия проводятся в форме аудиторного занятия с использованием средств вычислительной техники, содержащего предварительную проблемно-ориентированную учебную дискуссию с групповым выполнением примера задания, после чего студенты приступают к выполнению индивидуального проектного задания.

В первой части занятия преподаватель у интерактивной доски выполняет пример расчета.. Студенты одновременно с преподавателем выполняют это же задание индивидуально. После этого происходит обсуждение: студенты задают вопросы о проделанной работе. Могут предложить свои варианты решения поставленной задачи.

Во второй части преподаватель раздает студентам индивидуальное задание (аналогичное по структуре предыдущему). Во время выполнения индивидуального задания студенты также могут задавать вопросы преподавателю. Преподаватель по мере необходимости может корректировать действия студента для достижения поставленной цели, указывать на грубые ошибки.

По результатам выполнения работы студент оформляет отчет по практической работе, который оценивается по системе «зачтено/ не зачтено».

**Практическая работа №1. Применение 1-ого и 2-ого начала термодинамики к анализу обратимых и необратимых термодинамических процессов (4/1 час.)**

Применение 1-ого и 2-ого начала термодинамики к анализу обратимых и необратимых термодинамических процессов.

**Практическая работа №2. Расчет и построение термодинамических циклов тепловых машин (6/1 час.)**

Расчет и построение термодинамических циклов тепловых машин.

**Практическая работа №3. Анализ термодинамических свойств реальных газов и влажного воздуха (4/1 час.)**

Анализ термодинамических свойств реальных газов и влажного воздуха.

**Практическая работа №4 Расчет теплообменника при сложном теплообмене (4/1 час.)**

Сложный теплообмен. Расчет теплообменника. Уравнения теплового баланса и теплопередачи.

**Практическая работа №5. Исследование адиабатного процесса сжатия воздуха в вентиляторе (5/1 час.)**

Исследование адиабатного процесса сжатия воздуха в вентиляторе.

**Практическая работа №6. Исследование процесса дросселирования воздуха (4/1 час.)**

Исследование процесса дросселирования воздуха.

**Практическая работа №7. Определение коэффициента теплопроводности методом трубы (4/1 час.)**

Определение коэффициента теплопроводности методом трубы.

**Практическая работа №8. Физическое моделирование теплообмена при свободной конвекции воздуха вокруг горизонтального цилиндра ( 5/1час.)**

Физическое моделирование теплообмена при свободной конвекции воздуха вокруг горизонтального цилиндра.

**II. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

**III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Тема №1 - Тема №9	ОК-7, ОПК-2	Знает	Реферат	экзамен
	Практическая работа №1 - практическая работа №4, лабораторная работа №1 -		Умеет	Практическая работа, лабораторная работа	

	лабораторная работа №4				
			Владеет	РГР	
	Тема №1 - Тема №9		Знает	Опрос	экзамен
	Практическая работа №1 - практическая работа №4, лабораторная работа №1 - лабораторная работа №4	ПК-1	Умеет	Практическая работа, лабораторная работа	
			Владеет	РГР	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

#### **IV. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Базаров, И.П. Термодинамика: учебник / И.П. Базаров. – СПб. : Лань, 2010. – 384 с. : ил.
2. Балабин, Д.Н. Теплопередача: учеб. пособие / Д.Н. Балабин, А.А. Юдаков, О.Н. Цыбульская. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2008. 274 с.
3. Новиков, И.И. Термодинамика : учеб. пособие / И.И. Новиков. – 2-е изд., испр. – СПб. : Изд-во «Лань», 2009. – 592 с.
4. Кириллин В. А. Техническая термодинамика: учебник для вузов /В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. – 5-е изд. - М.:Издательский дом МЭИ, 2008. – 496 с.

5. Кудинов В. А. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров /В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. – М.: Изд. Юрайт, 2011. – 560 с.
6. Цирельман Н. М. Техническая термодинамика: учебное пособие/ Н. М. Цирельман. – М., Машиностроение, 2012. – 352 с.

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача.: Учебное пособие для вузов.-3-е изд., перераб. – М:Высш. шк., 1991.– 480с.
2. Новиков И.И. Термодинамика.: Учебное пособие для втузов. – М.: Машиностроение,1984.– 592с.
3. Базаров И.П. Термодинамика.: Учебник.-3-е изд., перераб. и доп. – М: Высш. шк.,1983.-344с.
4. Базаров И.П. Термодинамика.:Учебник.-4-е изд., перераб. и доп. – М: Высш. шк., 1991. – 376с.
5. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача.: Учебное пособие для вузов. – М: Высш. шк.,1980. – 469с.
6. Техническая термодинамика.: Учебное пособие для вузов./Под ред. В.И. Крутова.-3-е изд. перераб. и доп. – М: Высш. шк.,1991 – 384с.
7. Кириллин В. А. Техническая термодинамика.: Учебник для вузов. – 4-е изд. перераб. – М: Энергоатомиздат,1983. – 416с.
8. Балабин, Д.Н. Теплопередача: учебное пособие/Д.Н. Балабин, А.А. Юдаков, О.Н. Цыбульская./ Владивосток: Изд-во ДВГТУ,2008. 274
9. Исаченко В.П. Теплопередача.: Учебник для вузов.-4-е изд. перераб. и доп. – М: Энергоиздат,1981. – 416с.
10. Сборник задач по термодинамике и теплопередаче: Учебное пособие для вузов.– М: Высш. шк.,1972. – 304с.

11. Сборник задач по технической термодинамике.: Учебное пособие для вузов/ Сост: Т.Н. Андрианова.-3-е изд. перераб и доп. – М: Энергоатомиздат,1981. – 240с.
- 12.Александров А. А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов"Теплоэнергетика"] / А. А. Александров - Москва: МЭИ, 2006 - 158 с.
- 13.Александров А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : Справочник: [таблицы рассчитаны по уравнениям Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара и рекомендованы Государственной службой стандартных справочных данных ГСССД Р-776-98] / А. А. Александров, Б. А. Григорьев - Москва: МЭИ, 2006 - 168 с.
- 14.Теплотехника. Учебник для вузов / Под ред. В.Н. Луканина – М.: Высшая школа, 2009. – 671 с.

#### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики : учеб. пособие / А.И. Ансельм. – 2-е изд. – СПб. : Изд-во «Лань», 2007. – 448 с. <http://e.lanbook.com/view/book/692/>
2. Гончаров, С.А. Термодинамика : учебник / С.А. Гончаров. – 3-е изд. – М. : Изд-во МГГУ, 2002. – 441 с. <http://e.lanbook.com/view/book/3463/>
3. Новиков, И.И. Термодинамика : учеб. пособие / И.И. Новиков. – 2-е изд., испр. – СПб. : Изд-во «Лань», 2009. – 592 с. <http://e.lanbook.com/view/book/286/>

#### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Для обеспечения учебного процесса по дисциплине Б1.В.ОД.7 «Термодинамика и теплопередача» требуется наличие программного пакета MATLAB, программы WaterSteamPRO для расчета термодинамических свойств воды и водяного пара, программы Akwa для расчета термодинамических свойств воды и водяного пара.

## **V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Методические рекомендации по работе с литературой**

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки является работа с литературой. Для дисциплины «Термодинамика и теплопередача» это актуально, поскольку большое количество теоретического и практического эмпирического материала, накопленного в отрасли знания, не может быть рассмотрено полностью только на аудиторных занятиях.

Существует несколько методов работы с литературой.

Один из них – самый известный – метод повторения: прочитанный текст можно заучить наизусть. Простое повторение воздействует на память механически и поверхностно. Полученные таким путем сведения легко забываются.

Наиболее эффективный метод – метод кодирования: прочитанный текст нужно подвергнуть большей, чем простое заучивание, обработке. Чтобы основательно обработать информацию и закодировать ее для хранения, важно провести целый ряд мыслительных операций: прокомментировать новые данные; оценить их значение; поставить вопросы; сопоставить полученные сведения с ранее известными.

Для улучшения обработки информации очень важно устанавливать осмысленные связи, структурировать новые сведения. Изучение научной учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей. Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект.

**План** – первооснова, каркас какой-либо письменной работы, определяющие последовательность изложения материала. План является наиболее краткой и потому самой доступной и распространенной формой записей содержания исходного источника информации. По существу, это перечень основных вопросов, рассматриваемых в источнике. План может быть простым и развернутым. Их отличие состоит в степени детализации содержания и, соответственно, в объеме.

**Выписки** – небольшие фрагменты текста (неполные и полные предложения, отрывки абзацев а также дословные и близкие к дословным записи об излагаемых в нем фактах), содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного. Выписки представляют собой более сложную форму записи содержания исходного источника информации. По сути, выписки – не что иное, как цитаты, заимствованные из текста. Выписки позволяют в концентрированной форме и с максимальной точностью воспроизвести в произвольном (чаще последовательном) порядке наиболее важные мысли автора, статистические и даталогические сведения. В отдельных случаях – когда это оправдано с точки зрения продолжения работы над текстом – вполне допустимо заменять цитирование изложением, близким дословному.

**Тезисы** – сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме. Отличие тезисов от обычных выписок состоит в следующем. Во-первых, тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. Во-вторых, в тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. В-третьих, чаще всего тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т.е. без использования прямого цитирования.

**Аннотация** – краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую

запись с обобщающей характеристикой. Для указанной цели и используется аннотация.

**Резюме** – краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная, прежде всего, на основе содержащихся в нем выводов. Резюме весьма сходно по своей сути с аннотацией. Однако, в отличие от последней, текст резюме концентрирует в себе данные не из основного содержания исходного источника информации, а из его заключительной части, прежде всего выводов. Но, как и в случае с аннотацией, резюме излагается своими словами – выдержки из оригинального текста в нем практически не встречаются.

**Конспект** – сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему.

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения учебного процесса по дисциплине *Б1.В.ОД.7 «Термодинамика и теплопередача»* требуется компьютерный класс с установленным программным пакетом MATLAB, аудитория с интерактивной доской TRIUMPH BOARD (Projection) 78" прямой проекции (ауд. В-112), электронная библиотека, доступ к Интернет.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)  
**ФИЛИАЛ ДВФУ В Г.АРСЕНЬЕВЕ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА  
Специальность 24.05.07 " Самолёто- и вертолётостроение "  
специализация «Вертолётостроение»  
Форма подготовки очная/заочная

**Арсеньев  
2018**

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Подготовка к практическим работам, подготовка к лабораторным работам	25/70 час.	Защита практических работ, защита лабораторных работ
2	В течение семестра	Подготовка рефератов	5/5 час.	Доклад
3	В течение семестра	Выполнение РГР	15/44 час.	Защита РГР
4	Экзаменационная сессия	Подготовка к экзамену	27/9 час.	Экзамен

### Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

1. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам является важным элементом самостоятельной работы и заключается в следующем:

- 1) необходимо предварительно ознакомиться с графиком выполнения лабораторных работ;
- 2) внимательно ознакомиться с описанием соответствующей работы и установить, в чем состоит основная цель и задача этой работы;
- 3) по соответствующим литературным источникам изучить теоретическую часть, относящуюся к данной лабораторной работе;
- 4) до проведения лабораторной работы подготовить в рабочей тетради соответствующие маршруты обработки;
- 5) завершает этап подготовки к выполнению лабораторной работы составление ответов на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях.

2. *Подготовка реферата* начинается с построения плана. План лучше составить до написания работы и опираться на него во время ее написания. Это помогает сосредоточить внимание на рассмотрении определенных вопросов.

План не должен быть слишком сложным и запутанным. То есть для работы на 10-20 страниц вполне достаточно трех пунктов основной части и, возможно по 2-3 подпункта в каждом пункте.

С самого начала следует выделить основные пункты и подпункты, чтобы основное внимание уделять главным, а не второстепенным мыслям. Лучше не приступать к написанию работы до тех пор, пока план не будет приведен в должное состояние.

Названия пунктов плана необходимо формулировать таким образом, чтобы примерное содержание каждого пункта было ясно из самого названия. С другой стороны, не следует давать слишком подробное описание содержания вашего пункта.

В плане должны быть указаны страницы, на которых рассматриваются соответствующие пункты плана

Введение необходимо для обоснования актуальности темы и предполагаемого метода рассуждения. Это значит, что перед тем как перейти к самой теме реферата, необходимо попытаться ответить на вопрос: «Для чего нужно писать реферат по данной теме? Почему я выбрал именно эту тему? В чем ее актуальность?» Отвечать на эти вопросы следует кратко. Как правило, введение содержит основные направления работы, вопросы, на которые автор собирается ответить, информацию, необходимую для лучшего понимания и изложения темы.

Основная часть работы содержит рассуждения по теме, то есть раскрытие темы, ответ на поставленные вопросы, аргументы, примеры и так далее. Все существенное содержание работы должно быть изложено в основной части. Как правило, основную часть можно разбить на блоки информации. Таким образом, можно последовательно работать с каждым блоком, развивая аргументы, приводя примеры, делая промежуточные выводы.

Разбивая основную часть на пункты (блоки), необходимо помнить о том, что они должны быть примерно одинаковыми по объему, то есть необходимо соблюдать баланс. Если рассмотрение первого пункта занимает 10 страниц работы, а на второй и третий выделено только по две страницы, то налицо несбалансированность, что свидетельствует о недостаточной продуманности основной части работы.

Заключение необходимо для того, чтобы еще раз повторить и закрепить уже сказанное. Как правило, в заключении уже не дается никакой новой информации, а даются основные выводы и рекомендации, вытекающие из содержания работы. Заключение должно с одной стороны плавно завершать реферат, с другой стороны соотносится со вступлением так, чтобы вопросы и цели, поставленные в начале работы могли соотноситься с ответами и выводами в заключении.

Реферат должен отвечать следующим требованиям:

Читабельность. Это значит, что реферат должен хорошо читаться, то есть при его чтении реферата не должно возникать проблем с пониманием слов и выражений автора. В хорошем реферате легко следовать за мыслью автора, его доказательствами и выводами.

Необходимо помнить, что для передачи мысли требуется не только умение писать, но и умение выражать свою мысль. Как научиться верно и ясно выражать мысль словами? Самый лучший способ – чтение книг и написание рефератов, потому что приобретение умения писать требует постоянного упражнения и стремления к более высокому уровню.

Для того чтобы реферат был читабельным, он не должен содержать псевдонаучные слова. Часто «мудреные» фразы вставляются в работу, чтобы произвести впечатление на читающего, хотя обычно это производит обратный эффект. Стоит автору употребить какое-нибудь слово неверно, и у читателя закрадывается сомнение в компетентности автора. Неизвестные слова лучше пояснять, научные термины употреблять только в крайних случаях.

Стиль реферата должен быть научно-публицистическим, то есть текст должен быть написан как научная статья, публикация.

Последовательность и логичность. Еще одной важной характеристикой хорошего реферата является ее последовательность и логичность. При написании реферата необходимо обратить особое внимание на то, чтобы все аргументы были четко и ясно сформулированы, а все доказательства были логичны и располагались в определенной последовательности.

Аргументы должны быть подтверждающими основное утверждение реферата, то есть все аргументы в пользу того или иного утверждения должны быть четко сформулированы и направлены на доказательство конкретной истины.

Доказательство должно постоянно проверяться на предмет точного следования теме. Ведь очень легко во время доказательства перейти на другие темы и, в конце концов, доказывать совсем не то, что изначально требовалось. Не случайно существует специальная фраза, которой традиционно заканчиваются доказательства: «Что и требовалось доказать»<sup>2</sup>.

Широта проведенного исследования, количество книг в списке литературы всегда производит впечатление на читателя, так как чем больше автор реферата проработал различных источников, чем больше разных мнений он рассмотрел, тем более убедительным будут выводы, сделанные на основании исследований.

#### *1. Подготовка к экзамену.*

Подготовка студента к экзамену включает в себя три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету по темам курса;
- подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах.

Литература для подготовки к зачету/экзамену рекомендуется преподавателем либо указана в учебно-методическом комплексе. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух учебников.

Готовиться к зачету необходимо по строго продуманному графику, последовательно переходя от темы к теме, не пропуская ни одну из них.

Сложные вопросы, недостаточно уясненные в процессе подготовки к зачету, необходимо записать и получить на них разъяснения у преподавателей во время консультаций.

#### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Отчеты по практическим работам, отчеты по лабораторным работам, рефераты и расчетно-графические работы должны быть оформлены в соответствии с требованиями оформления письменных работ, выполняемых студентами и слушателями ДВФУ.

#### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

*Практические работы, расчетно-графическая работа и рефераты оцениваются по системе «зачтено/ не зачтено».*

Практические работы, лабораторные работы

Оценка «зачтено» ставится, если студент:

- выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности;
- самостоятельно и рационально выбрал и методы расчета и проектирования;
- показал умение пользоваться справочной литературой;
- аккуратно и правильно оформил отчет по практической работе;
- ответил на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка «не зачтено» ставится, если студент:

- выполнил работу не в полном объеме;
- неправильно выбрал методы расчета и проектирования;
- не предоставил отчет по практической работе либо оформил его небрежно;
- не смог ответить на дополнительные вопросы.

#### Расчетно-графическая работа

Оценка «зачтено» ставится, если студент:

- выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности;
- показал умение пользоваться справочной литературой;
- аккуратно и правильно оформил отчет по РГР;
- ответил на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка «не зачтено» ставится, если студент:

- выполнил работу не в полном объеме;
- не предоставил отчет по РГР либо оформил его небрежно;
- не смог ответить на дополнительные вопросы.

#### Рефераты

Оценка «зачтено» ставится, если:

- реферат соответствует заданной теме;
- реферат имеет логичную структуру (введение, основная часть, заключение) и аккуратно оформлен;
- студент сделал устный доклад по реферату и ответил на дополнительные вопросы.

Оценка «не зачтено» ставится, если:

- реферат не соответствует заданной теме;
- реферат не имеет логичной структуры (введение, основная часть, заключение) и/или небрежно оформлен;

- студент не сделал устный доклад по реферату и/или не ответил на дополнительные вопросы.

## Приложение 2



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)  
**ФИЛИАЛ ДВФУ В Г.АРСЕНЬЕВЕ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА  
Специальность 24.05.07 " Самолёто- и вертолётостроение "  
специализация «Вертолётостроение»  
Форма подготовки очная/заочная

**Арсеньев**  
**2018**

**Паспорт**  
**фонда оценочных средств по дисциплине**  
**«Термодинамика и теплопередача»**

(наименование дисциплины, вид практики)

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-7 - владение культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию, постановке целей и выбору путей их достижения;	Знает	Сформированные систематические знания методов абстрактного мышления, анализа и синтеза при решении исследовательских и практических задач в области термодинамики и теплопередачи
	Умеет	Анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач и практических задач в области термодинамики и теплопередачи, оценивать термодинамическую эффективность реализации этих вариантов
	Владеет	Систематическим применением навыков методологического использования абстрактного мышления при решении проблем, возникающих при выполнении исследовательских и практических работ в области термодинамики и теплопередачи, самостоятельного мышления, отстаивания своей точки зрения.
ОПК-2 - способность к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений;	Знает	Основные определения, понятия и термодинамики и теплопередачи, принципы реализации законов термодинамики в конструкции силовых установок летательных аппаратов, тепловых машин общего назначения, теплообменных установок, теплоизоляции машин.
	Умеет	Использовать основные понятия и закономерности термодинамики и теплопередачи при анализе проектных решений в области проектирования силовых установок летательных аппаратов, тепловых машин общего назначения, теплообменных установок, теплоизоляции машин.
	Владеет	Навыками применения основных законов термодинамики и теплопередачи при решении задач проектирования силовых установок летательных аппаратов, тепловых машин общего назначения, теплообменных установок, теплоизоляции машин.
ПК-1 - готовность к решению сложных инженерных задач с использовани-	Знает	математические и естественнонаучные дисциплины в области принятия решений сложных инженерных задач

ем базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин (модулей);	Умеет	решать сложные инженерные задачи с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин
	Владеет	знаниями математических и естественнонаучных дисциплин в решении сложных инженерных задач

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Тема №1 - Тема №9	ОК-1	Знает	Реферат	экзамен
	Практическая работа №1 - практическая работа №4, лабораторная работа №1 - лабораторная работа №4		Умеет	Практическая работа, лабораторная работа	
			Владеет	РГР	
2	Тема №1 - Тема №9	ПК-1	Знает	Опрос	экзамен
	Практическая работа №1 - практическая работа №4, лабораторная работа №1 - лабораторная работа №4		Умеет	Практическая работа, лабораторная работа	
			Владеет	РГР	

**Экзаменационные материалы**  
по дисциплине  
«Термодинамика и теплопередача»

**Вопросы к экзамену**

1. Уравнение первого начала термодинамики
2. Внутренняя энергия. Закон Джоуля.
3.  $p$ - $v$  диаграмма. Работа изменения объёма
4. Теплота. Функция состояния и процесса
5. Работа изменения давления. Энтальпия.
6. Обратимые процессы. Их свойства |
7. Изохорный процесс
8. Изобарный процесс
9. Физический смысл газовой постоянной. Уравнение Майера
10. Изотермический процесс
11. Адиабатный процесс
12. Политропные процессы
13. Второе начало термодинамики Общие понятия. Формулировка второго начала термодинамики
14. Круговые процессы (циклы) тепловых машин
15. Цикл Карно теплового двигателя
16. Цикл Карно холодильной машины
17. Энтропия
18. Энтропия и работоспособность изолированной системы
19.  $T$ - $S$ -диаграмма
20. Регенеративный цикл
21. Процессы компрессорных машин. Общие понятия
22. Процессы идеального одноступенчатого поршневого компрессора
23. Процесс идеального многоступенчатого поршневого компрессора

24. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок
25. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок Общие понятия
26. Термодинамический цикл ДВС со смешанным подводом теплоты Термодинамический цикл ДВС с изохорным подводом теплоты Термодинамический цикл ДВС с изобарным подводом теплоты Термодинамический цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты
27. Термодинамический цикл ГТУ с регенерацией
28. Термодинамический цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты
29. Истечение газов и паров Общие понятия. Истечение через суживающееся сопло
30. Критическая скорость потока и максимальный массовый расход рабочего тела
31. Истечение через сопло Лавалья
32. Способы и виды теплопередачи
33. Градиент температур
34. Температурное поле
35. Тепловой поток

**Оценочные средства для текущей аттестации**

**Пример задания для практической работы**

по дисциплине

«Термодинамика и теплопередача»

**Расчетные задачи и вопросы для выполнения и защиты**

**практических работ**

1. Азот находится в ресивере объемом  $V = 300$  литров при избыточном давлении  $P_{из} = 1,97$  бар и температуре  $t = 27$  °С. Определите массу азота в ресивере, если барометрическое давление  $B = 1$  бар.

Варианты ответов:

1.  $M = 2$  кг;
2.  $M = 1,5$  кг;
3.  $M = 1$  кг;
4.  $M = 0,5$  кг.

2. В изохорном процессе воздух нагревается на  $100$  °С. Определите конечное давление -  $P_2$ , если начальные параметры: давление  $P_1 = 3$  бара, температура  $t_1 = 27$  °С. Выберите правильный вариант ответа.

Варианты ответов:

1.  $P_2 = 3$  бара;
2.  $P_2 = 4$  бара;
3.  $P_2 = 5$  бар;
4.  $P_2 = 6$  бар.

3. В изобарном процессе расширения  $2$  кг воздуха его объем увеличился в  $2$  раза. Определите подведенную теплоту, если начальная температура воздуха  $t_1 = 27$  °С, а изобарная теплоемкость  $C_p = 1$  кДж/(кг · К). Выберите правильный вариант ответа.

Варианты ответов:

1.  $Q = 300$  кДж;
2.  $Q = 400$  кДж;
3.  $Q = 500$  кДж;
4.  $Q = 600$  кДж.

4. В обратимом изотермическом процессе расширения при температуре  $t = 227$  °С к рабочему телу подводится теплота  $Q = 2,5$  МДж. Определите изменение энтропии в процессе. Выберите правильный вариант ответа.

Варианты ответов:

1.  $S_2 - S_1 = 2$  кДж/К;
2.  $S_2 - S_1 = 3$  кДж/К;
3.  $S_2 - S_1 = 4$  кДж/К;
4.  $S_2 - S_1 = 5$  кДж/К.

5. Определите работу обратимого цикла Карно, если теплота в количестве  $Q_1 = 1$  кДж подводится к рабочему телу при температуре  $t_1 = 327$  °С, а отвод теплоты осуществляется при температуре  $t_2 = 27$  °С. Выберите правильный вариант ответа.

Варианты ответов:

1.  $L = 2$  кДж;
2.  $L = 1,5$  кДж;
3.  $L = 1$  кДж;
4.  $L = 0,5$  кДж.

6. Определите энтальпию влажного пара при степени сухости  $x = 0,5$ , если энтальпия насыщенной жидкости  $i' = 350$  КДж/кг, а теплота парообразования  $r = 2300$  КДж/кг.

Варианты ответов:

1.  $i = 1600$  КДж/кг;
2.  $i = 1500$  КДж/кг;
3.  $i = 1400$  КДж/кг;
4.  $i = 1300$  КДж/кг.

7. Определите энтропию влажного пара при степени сухости  $x = 0,8$ , если энтропия насыщенной жидкости  $S' = 2,3$  КДж/кг·к, теплота парообразования  $r = 2000$  КДж/кг и температура пара  $t = 227$  °С.

Варианты ответов:

1.  $s = 5,3$  КДж/кг·к;
2.  $s = 5,4$  КДж/кг·к;
3.  $s = 5,5$  КДж/кг·к;
4.  $s = 5,6$  КДж/кг·к.

8. Определите степень сухости влажного пара, если его энтальпия  $i = 1600$  КДж/кг, энтальпия насыщенной жидкости  $i' = 500$  КДж/кг, а теплота парообразования  $r = 2200$  КДж/кг.

Варианты ответов:

1.  $x = 0,5$ ;
2.  $x = 0,6$ ;
3.  $x = 0,7$ ;
4.  $x = 0,8$ .

9. В изобарном процессе расширения воздух нагревается на  $100^\circ\text{C}$ . Определите работу расширения 1 кг. воздуха, если его удельная газовая постоянная  $R = 287 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ .

Варианты ответов:

1.  $L = 28,7 \text{ КДж}$ ;
2.  $L = 2,87 \text{ КДж}$ ;
3.  $L = 287 \text{ КДж}$ ;
4.  $L = 0,287 \text{ КДж}$ .

10. Определите количество теплоты, необходимое для нагрева и испарения 10 кг. воды, если энтальпия воды  $i = 100 \text{ КДж/кг}$ , энтальпия сухого насыщенного пара  $i'' = 2700 \text{ КДж/кг}$ .

Варианты ответов:

1.  $Q = 26 \text{ МДж}$ ;
2.  $Q = 27 \text{ МДж}$ ;
3.  $Q = 28 \text{ МДж}$ ;
4.  $Q = 29 \text{ МДж}$ .

11. Водяной пар на входе в суживающееся сопло имеет энтальпию  $i_1 = 3000 \text{ КДж/кг}$ , на выходе  $i_2 = 2920 \text{ КДж/кг}$ . Отношение давлений  $P_2/P_1$  больше критического. Чему равна скорость пара на выходе, если на входе  $W_1 = 0$ :

Варианты ответов:

1.  $W_2 = 300 \text{ м/с}$ ;
2.  $W_2 = 400 \text{ м/с}$ ;
3.  $W_2 = 100 \text{ м/с}$ ;
4.  $W_2 = 200 \text{ м/с}$ .

12. Водяной пар вытекает из суживающегося сопла при отношении давлений  $P_2/P_1$  меньше критического. Определить скорость истечения пара, если энтальпии: на входе  $i_1 = 3000 \text{ КДж/кг}$ ; за соплом  $i_2 = 2800 \text{ КДж/кг}$ ; при критическом давлении  $i_{кр} = 2920 \text{ КДж/кг}$ . Скоростью на входе пренебречь.

Варианты ответов:

1.  $W_2 = 200 \text{ м/с}$ ;
2.  $W_2 = 300 \text{ м/с}$ ;
3.  $W_2 = 400 \text{ м/с}$ ;

4.  $W_2 = 500$  м/с.

13. Водяной пар с параметрами  $P_1 = 60$  бар,  $t_1 = 300^\circ\text{C}$  дросселируется до  $P_2 = 30$  бар. Используя I-S диаграмму определите температуру пара после дросселирования.

Варианты ответов:

1.  $t_2 = 250^\circ\text{C}$ ;
2.  $t_2 = 260^\circ\text{C}$ ;
3.  $t_2 = 270^\circ\text{C}$ ;
4.  $t_2 = 280^\circ\text{C}$ .

14. Определите термический КПД цикла Ренкина без учета насоса, если энтальпии пара: перед турбиной  $i_1 = 3400$  КДж/кг, после турбины  $i_2 = 1800$  КДж/кг, а энтальпия конденсата  $i_2' = 200$  КДж/кг.

Варианты ответов:

1. КПД = 0,4;
2. КПД = 0,45;
3. КПД = 0,5;
4. КПД = 0,55/

15. Определите расход пара через турбину, если электрическая мощность генератора  $N_э = 100$  МВт, относительный электрический КПД турбогенератора равен 0,8, а теоретическая работа 1 кг пара составляет  $(i_1 - i_2) = 1250$  КДж/кг.

Варианты ответов:

1.  $D = 70$  кг/с;
2.  $D = 80$  кг/с;
3.  $D = 90$  кг/с;
4.  $D = 100$  кг/с.

16. Определите абсолютный внутренний КПД турбины, если ее относительный внутренний КПД равен 0,9, а термический КПД цикла Ренкина составляет 40 %.

Варианты ответов:

1. Абс. вн. КПД = 0,36;
2. Абс. вн. КПД = 0,34;
3. Абс. вн. КПД = 0,32;
4. Абс. вн. КПД = 0,30.

17. Определите холодильный коэффициент воздушной идеальной холодильной машины, если ее холодопроизводительность составляет 100 кВт, а тепловая мощность воздухоохладителя – 150 кВт.

Варианты ответов:

1. Холод. коэф. = 1,5;
2. Холод. коэф. = 2,0;
3. Холод. коэф. = 2,5;
4. Холод. коэф. = 1,0.

18. Парокомпрессионная холодильная установка имеет удельную холодопроизводительность  $q_0 = 120$  КДж/кг, расход фреона  $G = 0,5$  кг/с, мощность привода компрессора  $N = 30$  кВт. Определите ее холодильный коэффициент.

Варианты ответов:

1. Холод. коэф. = 1,6;
2. Холод. коэф. = 1,8;
3. Холод. коэф. = 2;
4. Холод. коэф. = 2,2.

19. Внутренний относительный КПД турбины равен 0,9, удельная теоретическая работа пара в турбине  $L_T = 1000$  КДж/кг, энтальпия пара на входе  $i_1 = 3000$ . Определите фактическую энтальпию пара на выходе из турбины.

Варианты ответов:

1.  $i_{2д} = 1800$  КДж/кг;
2.  $i_{2д} = 1900$  КДж/кг;
3.  $i_{2д} = 2000$  КДж/кг;
4.  $i_{2д} = 2100$  КДж/кг.

20. Относительный эффективный КПД паровой турбины равен 0,8, удельная теоретическая работа пара в турбине  $L_T = 1000$  КДж/кг. Определите расход пара через турбину, если ее эффективная мощность на валу составляет  $N_e = 400$  МВт.

Варианты ответов:

1.  $D = 400$  кг/с;
2.  $D = 500$  кг/с;
3.  $D = 600$  кг/с;
4.  $D = 700$  кг/с.

21. Работа расширения идеального газа, совершаемая в изотермическом процессе, определяется выражением:

Варианты ответов:

1.  $L = R \ln \frac{V_1}{V_2}$ ;
2.  $L = R(T_2 - T_1)$ ;

3.  $L = RT \ln \frac{V_2}{V_1}$ ;

4.  $L = R(v_2 - v_1)$ .

22. Для адиабатного процесса справедливо соотношение:

Варианты ответов:

1.  $(P_1/P_2) = (V_2/V_1)^k$ ;

2.  $(P_2/P_1) = (V_2/V_1)^k$ ;

3.  $(P_2/P_1) = (V_2/V_1)^{1/k}$ ;

4.  $(P_1/P_2) = (V_2/V_1)^{1/k}$ .

23. В адиабатном процессе расширения идеального газа совершается работа, определяемая выражением:

Варианты ответов:

1.  $L = R(T_2 - T_1)$ ;

2.  $L = C_p(T_2 - T_1)$ ;

3.  $L = C_n(T_2 - T_1)$ ;

4.  $L = C_v(T_1 - T_2)$ .

24. Теплота политропного процесса определяется по одному из следующих выражений:

Варианты ответов:

1.  $q = C_v(T_2 - T_1)$ ;

2.  $q = C_p(T_2 - T_1)$ ;

3.  $q = C_n(T_2 - T_1)$ ;

4.  $q = R(T_2 - T_1)$ .

25. Теплоемкость политропного процесса определяется по формуле ( $n$  – показатель политропы,  $k$  – показатель адиабаты):

Варианты ответов:

1.  $C_n = C_v(n - 1)/(n - k)$ ;

2.  $C_n = C_v(n - k)/(n - 1)$ ;

3.  $C_n = C_v(k - n)/(n - 1)$ ;

4.  $C_n = C_v(n - k)/(1 - n)$ .

26. Коэффициент полезного действия термодинамического цикла – это:

Варианты ответов:

1. Отношение совершаемой работы к подведенной теплоте;

2. Отношение совершаемой работы к отведенной теплоте;

3. Отношение отведенной теплоты к подведенной;

4. Отношение подведенной теплоты к совершаемой работе.

27. Коэффициент полезного действия обратимого цикла Карно определяется выражением ( $T_1$  и  $T_2$  – температуры горячего и холодного источников, соответственно):

Варианты ответов:

1.  $\eta_K = (T_2 - T_1)/T_2$ ;
2.  $\eta_K = T_1/(T_1 - T_2)$ ;
3.  $\eta_K = (T_1 - T_2)/T_2$ ;
4.  $\eta_K = (T_1 - T_2)/T_1$ .

28. Термодинамический КПД цикла Карно, совершаемого между двумя источниками теплоты, по сравнению с КПД любого другого цикла, совершаемого между теми же источниками, всегда:

Варианты ответов:

1. Меньше;
2. Равен;
3. Больше;
4. Не больше.

29. Совместное выражение I и II законов термодинамики имеет вид:

Варианты ответов:

1.  $Tds = du + pdv$ ;
2.  $Tds \geq du + pdv$ ;
3.  $Tds < du + pdv$ ;
4.  $Tds \leq du + pdv$ .

30. Частные производные от энтропии по температуре, взятые при изобарном и изохорном процессах идеального газа, находятся в соответствии:

Варианты ответов:

1.  $(ds/dT)_p > (ds/dT)_v$ ;
2.  $(ds/dT)_p < (ds/dT)_v$ ;
3.  $(ds/dT)_p \leq (ds/dT)_v$ ;
4.  $(ds/dT)_p = (ds/dT)_v$ .

31. Изменение энтропии в изохорном процессе подвода теплоты к идеальному газу определяется выражением:

Варианты ответов:

1.  $s_2 - s_1 = C_v(T_2 - T_1)$ ;
2.  $s_2 - s_1 = C_v \ln(v_2/v_1)$ ;
3.  $s_2 - s_1 = C_v \ln(T_2/T_1)$ ;
4.  $s_2 - s_1 = R \ln(T_2/T_1)$ .

32. Изменение энтропии в изобарном процессе подвода теплоты определяется выражением:

Варианты ответов:

1.  $s_2 - s_1 = C_p(T_2 - T_1)$ ;
2.  $s_2 - s_1 = R \ln(T_2/T_1)$ ;
3.  $s_2 - s_1 = C_p \ln(V_2/V_1)$ ;
4.  $s_2 - s_1 = C_p \ln(T_2/T_1)$ .

33. Изменение энтропии в необратимом адиабатном процессе определяется выражением:

Варианты ответов:

1.  $s_2 - s_1 < 0$ ;
2.  $s_2 - s_1 > 0$ ;
3.  $s_2 - s_1 = 0$ ;
4.  $s_2 - s_1 \geq 0$ .

34. Эксергия теплоты, находящейся в источнике с температурой  $T$ , это максимальная работа, которую может совершить теплота при переводе её в состояние окружающей среды с температурой  $T_0$ , определяется выражением:

Варианты ответов:

1.  $E = q(1 - T_0/T)$ ;
2.  $E = q(1 - T/T_0)$ ;
3.  $E = q(T_0/T - 1)$ ;
4.  $E = q(T/T_0 - 1)$ .

35. Уравнение Ван-дер-Ваальса определяется выражением:

Варианты ответов:

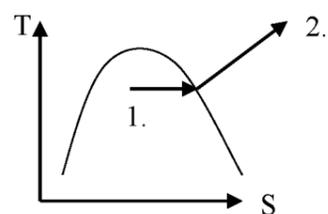
1.  $(p + a)(v - b) = RT$ ;
2.  $(p + a/v)(v - b) = RT$ ;
3.  $(p + a/v^2)(v - b) = RT$ ;
4.  $(p + a)(v - b/v^2) = RT$ .

36. Свободная энергия  $F$  выражается через внутреннюю энергию  $U$ , температуру  $T$  и энтропию  $S$  соотношением:

Варианты ответов:

1.  $F = U + TS$ ;
2.  $F = TS - U$ ;
3.  $F = U - S/T$ ;
4.  $F = U - TS$ .

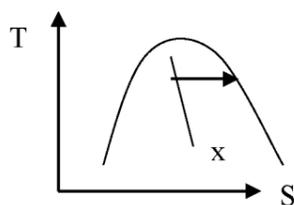
37. Процесс водяного пара, изображенный на графике, является:



Варианты ответов:

1. Изохорным;
2. Изобарным;
3. Изотермическим;
4. Политропным.

38. Для осуществления процесса в области влажного пара ( $x$  – степень сухости), показанного на графике, требуется подвести теплоту в количестве:



Варианты ответов:

1.  $q = gx$  ( $g$  – теплота парообразования);
2.  $q = r(x - 1)$ ;
3.  $q = r(1 - x)$ ;
4.  $q = r(1 + x)$ .

39. Для определения удельного объема влажного пара со степенью сухости –  $x$  нужно воспользоваться формулой:

Варианты ответов:

1.  $v = v'(1 - x) + v''x$ ;
2.  $v = v'x + v''(1 - x)$ ;
3.  $v = v' + v''x$ ;
4.  $v = v'(1 - x) + v''$ .

(Здесь  $v'$  и  $v''$  – удельные объемы насыщенной жидкости и сухого насыщенного пара, соответственно).

40. Для определения энтальпии влажного пара со степенью сухости –  $x$  нужно воспользоваться формулой ( $r$  – теплота парообразования):

Варианты ответов:

1.  $i = i'(1 - x) + gx$ ;
2.  $i = i' + gx$ ;
3.  $i = i'x + r(1 - x)$ ;
4.  $i = i'x + i''(1 - x)$ .

(Здесь  $i'$  и  $i''$  – энтальпии насыщенной жидкости и сухого насыщенного пара, соответственно).

41. Если влажный воздух охлаждать при постоянном влагосодержании, то его относительная влажность...:

Варианты продолжения:

1. Не изменяется;
2. Уменьшается;
3. Увеличивается;
4. Изменяется произвольно.

42. Если повышать относительную влажность воздуха при постоянной температуре, то его энтальпия –  $h$  и влагосодержание –  $d$  изменяется следующим образом:

Варианты ответов:

1.  $h$  – уменьшается,  $d$  – увеличивается;
2.  $h$  – увеличивается,  $d$  – уменьшается;
3.  $h$  – уменьшается,  $d$  – уменьшается;
4.  $h$  – увеличивается,  $d$  – увеличивается.

43. При адиабатном увлажнении воздуха его энтальпия не изменяется. Как при этом изменяется его температура –  $t$  и влагосодержание –  $d$ ?

Варианты ответов:

1.  $t$  – уменьшается,  $d$  – увеличивается;
2.  $t$  – уменьшается,  $d$  – уменьшается;
3.  $t$  – увеличивается,  $d$  – уменьшается;
4.  $t$  – увеличивается,  $d$  – увеличивается.

44. Если при постоянной температуре влажного воздуха увеличивать его относительную влажность, то показания сухого –  $t_c$  и мокрого –  $t_m$  термометров будут изменяться следующим образом:

Варианты ответов:

1.  $t_c$  и  $t_m$  – уменьшатся;
2.  $t_c$  не изменится,  $t_m$  – увеличится;
3.  $t_c$  не изменится,  $t_m$  – уменьшится;

4.  $t_c$  и  $t_m$  – увеличатся.

45. Влажный пар находится в состоянии, при котором степень сухости  $x = 0,5$ , удельные объемы насыщенной жидкости и пара, соответственно:  $v' = 0,001$  м<sup>3</sup>/кг,  $v'' = 0,5$  м<sup>3</sup>/кг. Определите объем сосуда, в котором находится 4кг. такого пара, с точностью до 0,1.

Варианты ответов:

1.  $V = 0,7$  м<sup>3</sup>;
2.  $V = 0,8$  м<sup>3</sup>;
3.  $V = 0,9$  м<sup>3</sup>;
4.  $V = 1,0$  м<sup>3</sup>.

46. Какое из приведенных выражений определяет второе начало термодинамики?

Варианты ответов:

1.  $dS = dQ/T$ ;
2.  $dS \leq dQ/T$ ;
3.  $dS \geq dQ/T$ ;
4.  $dS < dQ/T$ .

47. В каком из процессов идеального газа теплота равна изменению энтальпии?

Варианты ответов:

1. Изобарном;
2. Изотермическом;
3. Изохорном;
4. Адиабатном.

48. В каком из процессов идеального газа при изменении температуры на один градус работа расширения равна газовой постоянной?

Варианты ответов:

1. Изохорном;
2. Изобарном;
3. Изотермическом;
4. Адиабатном.

49. Что произойдет с давлением идеального газа, если при постоянных температуре и плотности массу газа увеличить вдвое?

Варианты ответов:

1. Не изменится;

2. Увеличится в  $2/\mu$  раз;
  3. Увеличится в 2 раза;
  4. Увеличится в  $2\mu$  раз
- (здесь  $\mu$  - мольная масса газа).

50. Чему равно изменение энтропии идеального газа в обратимом изотермическом процессе расширения от  $v_1$  до  $v_2$ ?

Варианты ответов:

1.  $s_2 - s_1 = RT \cdot \ln(v_2 / v_1)$ .
2.  $s_2 - s_1 = C_p \cdot \ln(v_2 / v_1)$ ;
3.  $s_2 - s_1 = C_v \cdot \ln(v_2 / v_1)$ ;
4.  $s_2 - s_1 = R \cdot \ln(v_2 / v_1)$ ;

51. В уравнении первого закона термодинамики для потока рабочего тела:  $dq = di + \dots + gdh + dl_{\text{техн}}$  пропущен один член. Выберите его из следующих вариантов:

Варианты ответов:

1.  $p dv$ ;
2.  $-v dp$ ;
3.  $d(pv)$ ;
4.  $w dw$ .

52. Уравнение Бернулли для адиабатного потока рабочего тела в канале переменного сечения при отсутствии технической работы имеет вид:

Варианты ответов:

1.  $\frac{P}{\rho} + \frac{W}{2} = const$  ;

2.  $\frac{P}{\rho} + \frac{W^2}{2} = const$  ;

3.  $\frac{\rho}{P} + \frac{W^2}{2} = const$  ;

4.  $\frac{P}{\rho} - \frac{W^2}{2} = const$  .

53. Для дозвукового потока ( $M < 1$ ) скорость  $W$  и давление  $P$  в суживающемся сопле изменяются следующим образом:

Варианты ответов:

1.  $W$  увеличивается,  $P$  уменьшается;
2.  $W$  увеличивается,  $P$  увеличивается;
3.  $W$  увеличивается,  $P$  не изменяется;
4.  $W$  уменьшается,  $P$  уменьшается.

54. Для дозвукового потока ( $M < 1$ ) скорость  $W$  и давление  $P$  в диффузоре изменяются следующим образом:

Варианты ответов:

1.  $W$  увеличивается,  $P$  увеличивается;
2.  $W$  увеличивается,  $P$  уменьшается;
3.  $W$  уменьшается,  $P$  увеличивается;
4.  $W$  уменьшается,  $P$  уменьшается.

55. Для сверхзвукового потока ( $M > 1$ ) в суживающемся канале скорость  $W$  и давление  $P$  изменяются следующим образом:

Варианты ответов:

1.  $W$  уменьшается,  $P$  увеличивается;
2.  $W$  увеличивается,  $P$  увеличивается;
3.  $W$  уменьшается,  $P$  уменьшается;
4.  $W$  увеличивается,  $P$  уменьшается.

56. Для сверхзвукового потока ( $M > 1$ ) в расширяющемся сопле скорость  $W$  и давление  $P$  изменяются следующим образом:

Варианты ответов:

1.  $W$  уменьшается,  $P$  увеличивается;
2.  $W$  увеличивается,  $P$  увеличивается;
3.  $W$  уменьшается,  $P$  уменьшается;
4.  $W$  увеличивается,  $P$  уменьшается.

57. Почему при снижении давления  $P_2$  за суживающимся соплом ниже  $P_{кр}$  его дальнейшее снижение не влияет на расход газа через сопло?

Варианты ответов:

1. Потому, что возрастает гидравлическое сопротивление сопла;
2. Потому, что скорость газа на выходе из сопла устанавливается равной местной скорости звука;
3. Потому, что понижение температуры на выходе из сопла компенсирует увеличение расхода;

4. Потому, что понижение расхода за счет роста гидравлического сопротивления, компенсируется увеличением объема за счет снижения давления.

58. При истечении водяного пара через суживающееся сопло давление  $P_2$  за соплом ниже критического –  $P_{кр}$ . По какой формуле нужно определить скорость пара на выходе из сопла?

Варианты ответов:

1.  $W_2 = \sqrt{2(i_1 - i_2)}$ ;

2.  $W_2 = \sqrt{2(i_2 - i_1)}$ ;

3.  $W_2 = \sqrt{2(i_1 - i_{кр})}$ ;

4.  $W_2 = \sqrt{2(i_2 - i_{кр})}$ .

59. Адиабатный дроссель-эффект – это:

Варианты ответов:

1.  $\alpha = (\partial T / \partial P)_i$ ;

2.  $\alpha = (\partial T / \partial P)_s$ ;

3.  $\alpha = (\partial P / \partial T)_i$ ;

4.  $\alpha = (\partial P / \partial T)_s$ .

60. При адиабатном дросселировании потока не изменяется его ...:

Варианты ответов:

1. Энтропия;

2. Энтальпия;

3. Внутренняя энергия;

4. Удельный объем.

61. Для какого процесса сжатия в компрессоре затраченная техническая работа может быть определена по разности энтальпий ( $L_{техн} = i_1 - i_2$ )?

Варианты ответов:

1. Политропного;

2. Изотермического;

3. Изохорного;

4. Адиабатного.

62. Компрессор работает с многоступенчатым сжатием газа и промежуточным охлаждением. При каком количестве ступеней техническая работа компрессора минимальна?

Варианты ответов:

1. При четырех;
2. При трех;
3. При двух;
4. При одной.

63. Какой процесс сжатия газа в компрессоре наиболее экономичен:

Варианты ответов:

1. Адиабатный;
2. Политропный;
3. Изотермический;
4. Изохорный.

64. В цикле Отто двигателя внутреннего сгорания теплота подводится в следующем процессе:

Варианты ответов:

1. Изобарном;
2. Изохорном;
3. Изотермическом;
4. Адиабатном.

65. В цикле Дизеля двигателя внутреннего сгорания теплота подводится в следующем процессе:

Варианты ответов:

1. Изобарном;
2. Изохорном;
3. Изотермический;
4. Адиабатном.

66. Сравниваются коэффициенты полезного действия (КПД) двух циклов двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты: а) при  $V = \text{const}$  и б) при  $P = \text{const}$ , при одинаковых степенях сжатия. Выберите вариант ответа:

Варианты ответов:

1. КПД а) < КПД б);
2. КПД а) = КПД б);
3. КПД а)  $\approx$  КПД б);
4. КПД а) > КПД б).

67. Сравниваются коэффициенты полезного действия (КПД) двух циклов двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты: а) при  $V = \text{const}$  и б) при  $P = \text{const}$ , при одинаковых максимальных температурах циклов. Выберите вариант ответа:

Варианты ответов:

1. КПД а) = КПД б);
2. КПД а)  $\approx$  КПД б);
3. КПД а) < КПД б);
4. КПД а) > КПД б).

68. В газотурбинной установке подвод теплоты осуществляется при:

Варианты ответов:

1.  $V = \text{const}$ ;
2.  $P = \text{const}$ ;
3.  $T = \text{const}$ ;
4.  $S = \text{const}$ .

69. Как влияет снижение степени повышения давления в газотурбинной установке на ее термодинамический КПД?

Варианты ответов:

1. Не влияет;
2. Увеличивает;
3. Незначительно;
4. Уменьшает.

70. В газотурбинной установке с регенерацией теплоты уходящих газов последняя затрачивается на нагрев...:

Варианты ответов:

1. Топлива;
2. Воздуха после компрессора;
3. Воздуха перед компрессором;
4. Камеры сгорания.

71. В цикле Ренкина паросиловой установки подвод теплоты осуществляется в следующем процессе:

Варианты ответов:

1. Изобарном;
2. Изотермическом;
3. Изохорном;
4. Адиабатном.

72. Паросиловая установка, работающая по циклу Ренкина, включает в себя основное оборудование, работающее в следующей последовательности:

Варианты ответов:

1. Котел – турбина – насос – конденсатор – котел;
2. Турбина – котел – конденсатор – насос – турбина;
3. Котел – турбина – конденсатор – насос – котел;
4. Котел – конденсатор – насос – турбина – котел.

73. Если обозначить энтальпии: пара перед турбиной –  $i_1$ , пара после турбины –  $i_2$ , питательной воды –  $i_2'$ , то КПД цикла Ренкина без учета работы насоса определяется выражением:

Варианты ответов:

1.  $\text{КПД} = (i_1 - i_2') / (i_1 - i_2)$ ;
2.  $\text{КПД} = (i_2 - i_2') / (i_1 - i_2)$ ;
3.  $\text{КПД} = (i_1 - i_2) / (i_2 - i_2')$ ;
4.  $\text{КПД} = (i_1 - i_2) / (i_1 - i_2')$ .

74. Если обозначить:  $B$  – расход топлива,  $Q_n^p$  – теплота сгорания топлива,  $N_g$  – электрическая мощность генератора, то КПД паросиловой установки – это:

Варианты ответов:

1.  $\text{КПД} = \frac{N_g}{Q_n^p}$ ;
2.  $\text{КПД} = \frac{N_g}{BQ_n^p}$ ;
3.  $\text{КПД} = \frac{BQ_n^p}{N_g}$ ;
4.  $\text{КПД} = \frac{BN_g}{Q_n^p}$ .

75. Повышение давления пара перед турбиной оказывает на термический КПД цикла Ренкина, следующее влияние:

Варианты ответов:

1. Повышает;
2. Понижает;
3. Не влияет;
4. Влияет незначительно.

76. Повышение температуры пара перед турбиной оказывает на термический КПД цикла Ренкина, следующее влияние:

Варианты ответов:

1. Понижает;
2. Не влияет;
3. Повышает;
4. Влияет неоднозначно.

77. При снижении давления в конденсаторе и постоянных параметрах пара перед турбиной КПД цикла Ренкина:

Варианты ответов:

1. Уменьшается;
2. Не изменяется;
3. Изменяется незначительно;
4. Увеличивается.

78. В цикле Ренкина энтальпия пара перед турбиной  $i_1 = 3300$  КДж/кг, за турбиной  $i_2 = 1800$  КДж/кг энтальпия питательной воды  $i_{п.в.} = 300$  КДж/кг. Чему равен термический КПД цикла?

Варианты ответов:

1. КПД = 0,4;
2. КПД = 0,5;
3. КПД = 0,45;
4. КПД = 0,55.

79. Термический КПД цикла Ренкина равен 0,5; внутренний относительный КПД турбины, ее механический КПД, электрический КПД генератора и КПД котельного агрегата равны по 0,9. Чему равен КПД всей паротепловой установки (с округлением до 0,01)?

Варианты ответов:

1. КПД установки = 0,39
2. КПД установки = 0,37
3. КПД установки = 0,35
4. КПД установки = 0,33

80. Промежуточный перегрев пара в паросиловой установке выполняется с целью:

Варианты ответов:

1. Снижения влажности пара за турбиной;

2. Снижения давления пара за турбиной;
3. Повышения давления пара за турбиной;
4. Повышения температуры пара за турбиной.

81. Регенеративный отбор пара в турбине используется для подогрева...:

Варианты ответов:

1. Топлива перед котлом;
2. Воздуха перед котлом;
3. Питательной воды;
4. Пара в промперегревателе.

82. Регенеративные отборы пара из турбины выполняются с целью:

Варианты ответов:

1. Увеличения мощности турбины;
2. Уменьшения удельного расхода пара;
3. Уменьшения размеров турбины;
4. Увеличения термического КПД цикла.

83. Расположите в порядке возрастания энергетические потери в элементах паросиловой установки: котле, турбине, конденсаторе:

Варианты ответов:

1. Котел, турбина, конденсатор;
2. Турбина, котел, конденсатор;
3. Конденсатор, котел, турбина;
4. Турбина, конденсатор, котел;

84. Расположите в порядке возрастания эксергетические потери в элементах паросиловой установки: котле, турбине, конденсаторе:

Варианты ответов:

1. Конденсатор, турбина, котел;
2. Котел, турбина, конденсатор;
3. Котел, конденсатор, турбина;
4. Турбина, котел, конденсатор;

85. Парогазовая установка – это установка, работающая:

Варианты ответов:

1. По циклу Ренкина с парогазовой смесью;
2. По независимым газовому и паровому циклам;
3. По двум циклам, из которых паровой утилизирует сбросную теплоту газового;

4. По двум циклам, из которых газовой утилизирует сбросную теплоту парового.

86. Холодильный коэффициент – это отношение...:

Варианты продолжения:

1. Затраченной работы к теплоте, отданной горячему источнику;
2. Теплоты, отданной горячему источнику, к затраченной работе;
3. Теплоты, отведенной от холодного источника, к теплоте отданной горячему источнику;
4. Теплоты, отведенной от холодного источника, к затраченной работе.

87. Температура воздуха на входе в компрессор воздушной холодильной машины  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ , на выходе из компрессора  $t_2 = 127^\circ\text{C}$ . Чему равен ее холодильный коэффициент?

Варианты ответов:

1.  $E = 2$ ;
2.  $E = 3$ ;
3.  $E = 2,5$ ;
4.  $E = 3,5$ .

88. Выберите правильную последовательность процессов в воздушной холодильной установке: а) сжатие в компрессоре; б) расширение в детандере; в) охлаждение воздуха в теплообменнике.

Варианты ответов:

1. а – б – в;
2. б – в – а;
3. а – в – б;
4. в – а – б.

89. Выберите правильную последовательность процессов в парокompрессионной холодильной установке: а) конденсация; б) сжатие в компрессоре; в) кипение в испарителе.

Варианты ответов:

1. в – б – а;
2. в – а – б;
3. а – б – в;
4. б – в – а.

90. Коэффициент трансформации парокompрессионного теплового насоса – это отношение:

Варианты ответов:

1. Теплоты, полученной в испарителе, к теплоте, отданной в конденсаторе;
2. Теплоты, полученной в испарителе, к мощности компрессора;
3. Мощности компрессора к теплоте, отданной в конденсаторе;
4. Теплоты, отданной в конденсаторе, к мощности компрессора.

91. Чему равно изменение энтропии идеального газа в обратимом изотермическом процессе расширения от  $p_1$  до  $p_2$ ?

Варианты ответов:

1.  $s_2 - s_1 = R \cdot \ln(p_2 / p_1)$ ;
2.  $s_2 - s_1 = R \cdot \ln(p_1 / p_2)$ ;
3.  $s_2 - s_1 = RT \cdot \ln(p_1 / p_2)$ ;
4.  $s_2 - s_1 = RT \cdot \ln(p_2 / p_1)$ .

92. Какое из приведенных выражений определяет первое начало термодинамики?

Варианты ответов:

1.  $dq = du - vdp$ ;
2.  $dq = du + vdp$ ;
3.  $dq = du + pdv$ ;
4.  $dq = du - pdv$ .

93. Теплота, подведенная к рабочему телу в изохорном процессе, определяется выражением:

Варианты ответов:

1.  $q = C_v(t_2 - t_1)$ ;
2.  $q = C_n(t_2 - t_1)$ ;
3.  $q = C_p(t_2 - t_1)$ ;
4.  $q = R(t_2 - t_1)$ .

94. Если теплоемкость линейно зависит от температуры ( $c = a + bt$ ), то её средняя величина между  $t_1$  и  $t_2$  определяется следующим выражением:

Варианты ответов:

1.  $C_m = a - \frac{b(t_1 - t_2)}{2}$ ;
2.  $C_m = a + \frac{b(t_1 + t_2)}{2}$ ;
3.  $C_m = a + \frac{b(t_1 - t_2)}{2}$ ;
4.  $C_m = a - \frac{b(t_1 + t_2)}{2}$ .

95. Объем идеального газа, имеющего молярную массу -  $\mu$ , общую массу -  $m$ , удельную газовую постоянную -  $R$ , при температуре -  $T$  и давлении -  $P$  определяется выражением:

Варианты ответов:

1.  $V = \frac{m \cdot P}{R \cdot T}$ ;

2.  $V = \frac{\mu \cdot R \cdot T}{m \cdot P}$ ;

3.  $V = \frac{m \cdot P \cdot T}{R}$ ;

4.  $V = \frac{m \cdot R \cdot T}{P}$ .

96. Кажущаяся молекулярная масса идеальной смеси, компоненты которой имеют молекулярные массы -  $\mu_i$  и объемные доли -  $r_i$ , определяется по формуле:

Варианты ответов:

1.  $\mu_{см} = \frac{1}{\sum r_i \mu_i}$ ;

2.  $\mu_{см} = \sum \mu_i / r_i$ ;

3.  $\mu_{см} = \sum \mu_i \cdot r_i$ ;

4.  $\mu_{см} = \sum r_i / \mu_i$ .

97. Внутренняя энергия идеального газа зависит от следующих величин:

Варианты ответов:

1. Температуры и объема;

2. Температуры;

3. Температуры и давления;

4. Давления и объема.

98. Между изобарной -  $C_p$  и изохорной -  $C_v$  теплоемкостями идеального газа существует связь, которая определяется выражением:

Варианты ответов:

1.  $C_v + R = C_p$ ;

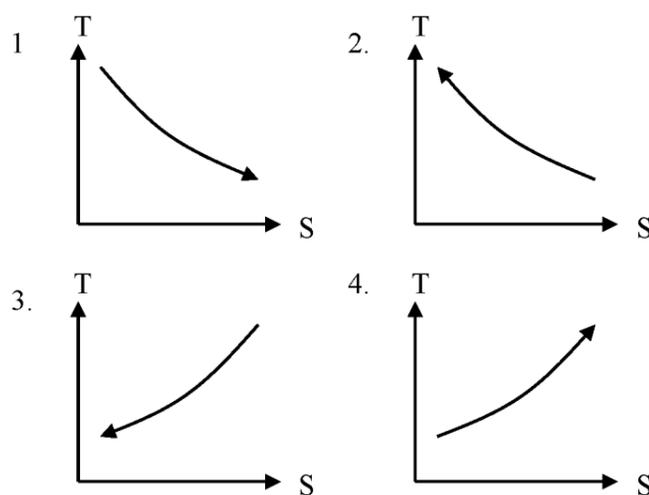
2.  $R - C_v = C_p$ ;

3.  $C_p + C_v = R$ ;

4.  $C_v - C_p = R$ .

99. Изохорный подвод теплоты изображается в TS – диаграмме следующим графиком:

Варианты ответов:



100. Для определения теплоты изобарного процесса справедливо выражение:

Варианты ответов:

1.  $q = u_2 - u_1$ ;
2.  $q = T(s_2 - s_1)$ ;
3.  $q = i_2 - i_1$ ;
4.  $q = P(v_2 - v_1)$ .

#### Критерии оценки

Оценка «зачтено» ставится, если студент:

- выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности;
- самостоятельно и рационально выбрал методы расчета;
- показал умение пользоваться справочной литературой;
- аккуратно и правильно оформил отчет по практической работе;
- ответил на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка «не зачтено» ставится, если студент:

- выполнил работу не в полном объеме;
- неправильно выбрал методы расчета;
- не предоставил отчет по практической либо оформил его небрежно;

- не смог ответить на дополнительные вопросы.

### **Задание на расчетно-графическую работу**

#### **РГЗ-1. Термодинамические процессы газов**

Смесь, состоящая из  $M_1$  киломолей азота и  $M_2$  киломолей кислорода с начальными параметрами  $P_1=1\text{МПа}$  и  $T_1=1000\text{К}$  расширяется до давления  $P_2$ . расширение может осуществляться по изотерме, адиабате и политропе с показателем  $n$ .

Определить газовую постоянную смеси, её массу и начальный объём, конечные параметры смеси, работу расширения и теплоту, участвующую в процессе.

Дать сводную таблицу результатов и анализ её. Показать процессы в  $pV$  и  $TS$  диаграммах.

#### **РГЗ-2. Процессы компрессорных машин**

Воздух, с начальной температурой  $t_1$ , сжимается в одноступенчатом поршневом компрессоре от давления  $P_1$  до давления  $P_2$ . сжатие может происходить по изотерме, адиабате и политропе с показателями  $n$ . Определить для каждого из трёх процессов сжатия конечную температуру  $t_2$ ; отведённую от воздуха теплоту  $Q$ , кВт; изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и энтропии воздуха  $\Delta S$ , а также теоретическую мощность компрессора  $N_T$ , если его производительность  $m=600\text{кг/ч}$ . Дать сводную таблицу и изображение процессов сжатия в  $pV$  и  $TS$  диаграммах.

#### **РГЗ-3. Термодинамические циклы ДВС и газотурбинных установок**

Для теоретического цикла ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении определить параметры рабочего тела (воздух) в характерных точках цикла, подведённую и отведённую теплоту, работу и термический КПД цикла, если начальное давление  $P_1$ , начальная температура  $t_1$ , степень повышения в компрессоре  $\pi$ . Температура газа перед турбиной  $t_3$ . определить

теоретическую мощность ГТУ при заданном секундном расходе воздуха  $G$ .  
Дать схему и цикл установки в  $p-v$  и  $T-S$  диаграммах. Теплоёмкость воздуха  
принять не зависящей от температуры и равной  $C_p=1\text{кДж/кг}$ ,  $k=C_p/C_v=1,4$

#### **Критерии оценки**

Оценка «зачтено» ставится, если студент:

- выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности;
- показал умение пользоваться справочной литературой;
- аккуратно и правильно оформил отчет по расчетно-графической работе;
- ответил на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка «не зачтено» ставится, если студент:

- выполнил работу не в полном объеме;
- не предоставил отчет по расчетно-графической работе либо оформил его небрежно;
- не смог ответить на дополнительные вопросы.

**Перечень тем для рефератов**  
по дисциплине  
«Термодинамика и теплопередача»

1. Основные положения схемы устройства, принцип действия и термодинамические процессы холодильной (морозильной) камеры
2. Основные положения схемы устройства, принцип действия и термодинамические процессы воздушного кондиционера
3. Основные положения схемы устройства, принцип действия и термодинамические процессы бензинового двигателя внутреннего сгорания
4. Основные положения схемы устройства, принцип действия и термодинамические процессы двигателя внутреннего сгорания Отто Дизеля
5. Основные положения схемы устройства, принцип действия и термодинамические процессы двигателя Стирлинга
6. Основные положения схемы устройства, принцип действия и термодинамические процессы паровой машины
7. Основные положения схемы устройства, принцип действия и термодинамические процессы паровой турбины
8. Основные положения схемы устройства, принцип действия и термодинамические процессы турбореактивного двигателя
9. Основные положения схемы устройства, принцип действия и термодинамические процессы теплового насоса

### Критерии оценки

Оценка «зачтено» ставится, если:

- реферат соответствует заданной теме;
- реферат имеет логичную структуру (введение, основная часть, заключение) и аккуратно оформлен;
- студент сделал устный доклад по реферату и ответил на дополнительные вопросы.

Оценка «не зачтено» ставится, если:

- реферат не соответствует заданной теме;
- реферат не имеет логичной структуры (введение, основная часть, заключение) и/или небрежно оформлен;
- студент не сделал устный доклад по реферату и/или не ответил на дополнительные вопросы.

## **Методические рекомендации, определяющие процедуру оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» проводится в форме контрольных мероприятий (защиты практической работы, защита лабораторной работы, выполнения расчетно-графической работы и реферата) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине) - оценивается с помощью подготовки и обсуждения рефератов, проверки конспектов;
- степень освоения теоретических знаний – оценивается с помощью подготовки и обсуждения рефератов;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы – оценивается в ходе защиты практических работ и расчетно-графической работы;
- результаты самостоятельной работы – оцениваются в ходе защиты расчетно-графической работы.

**Промежуточная аттестация.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

По дисциплине «Термодинамика и теплопередача» предусмотрено проведение экзамена в устной форме с использованием оценочного средства – устный опрос в форме ответов на вопросы. На зачете студент берет билет, в котором содержится вопрос по дисциплине из списка вопросов для экзамена. Сту-

дент готовится в течение 30 минут, после чего отвечает на вопрос и дополнительные вопросы, которые может задать преподаватель.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине  
«Термодинамика и теплопередача»**

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
от 86 до 100%	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил понятия, определения и законы термодинамик и теплопередачи, их связь с конструкцией и проектированием силовых установок летательных аппаратов, тепловых машин общего назначения, теплообменных установок, теплоизоляции машин. Умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно осуществляет решение расчетных и проектных задач. Правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками применения законов термодинамики и теплопередачи к вопросам расчета силовых установок летательных аппаратов, тепловых машин общего назначения, теплообменных установок, теплоизоляции машин.
от 76 до 85%	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он в целом знает понятия, определения и законы термодинамики и теплопередачи, их связь с конструкцией и проектированием силовых установок летательных аппаратов, тепловых машин общего назначения, теплообменных установок, теплоизоляции машин, грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения термодинамики и теплопередачи в расчетных и проектных задачах.
от 61 до 75%	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения в решении расчетных и проектных задач программного курса.
менее 61%	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет расчетные и проектные задачи программного курса.