

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Левихин А.А.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОФИЗИКА СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ

Направление/специальность подготовки	17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
Специализация/профиль/программа подготовки	Информационные технологии проектирования боеприпасов и взрывателей
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	3	108	34	17	17	0	74	0	0	74	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**17.05.01 Боеприпасы и взрыватели**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Лаптинская Мария Михайловна, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ**

Заведующий кафедрой Знаменский Е.А., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОФИЗИКА СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-4 — Способен самостоятельно разрабатывать математические модели физических процессов при функционировании образцов боеприпасов и взрывателей

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-4**

*знания:*

на уровне представлений: теоретические основы и иметь практические навыки использования закономерностей основных процессов теплообмена;

на уровне воспроизведения: методы анализа и расчётов параметров процессов теплообмена, освоить особенности расчёта теплопередачи при движении теплоносителя в каналах, пути интенсификации теплообмена и теплоизоляции;

на уровне понимания: на уровне понимания: особенности расчёта теплообмена при большой скорости теплоносителей и при наличии их химического превращения или фазового перехода;;

*умения:*

теоретические: разрабатывать физические схемы и математические модели процессов теплообмена;

практические: решение математических моделей процессов теплопередачи, выделяя из них основные и второстепенные, определять их тип, характерные параметры, взаимосвязь их характеристик;;

*навыки:*

владеть навыками анализа процессов теплообмена в энергетических установках, использовать принципы теплоизоляции или интенсификации энергетических устройств, оценкой их эффективности, анализом путей повышения эффективности;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОФИЗИКА СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД, ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-4
3	5	<b>Раздел 1. Основные положения термодинамики и теплофизики (ТД и ТФ) однородных систем.</b> Термические параметры и уравнение состояния идеального и реального газов. Физические параметры газа, теплоёмкость, уравнение Майера. Смеси идеальных газов. Параметры и уравнение состояния смеси. Физические параметры смеси.	30	10	4	6	20	20
3	5	<b>Раздел 2. Первое и второе начало термодинамики.</b> Внутренняя энергия, энтальпия рабочего тела (РТ). Механическая работа и теплота как формы энергообмена. Метод ТД потенциалов, и энтропия РТ. Основное уравнение ТД. Условия термодинамического равновесия однородных систем.	7	3	3	0	4	20
3	5	<b>Раздел 3. Термодинамические процессы.</b> P,v - диаграмма процессов. Политропный процесс. Работа, теплоёмкость, теплота и энтропия процесса. Частные случаи политропных процессов, их энергетические особенности. T,s – диаграмма процессов.	23	3	3	0	20	20
3	5	<b>Раздел 4. Термодинамика потока газа.</b> Равновесное состояние проточной системы. Уравнение неразрывности потока. Первый закон ТД для потока. Работа проталкивания газа. Располагаемая работа потока.	18	8	3	5	10	20
3	5	<b>Раздел 5. Основные положения ТД неоднородных систем. Термохимия.</b> Основные положения ТД неоднородных систем. Первый закон ТД для неоднородных систем. Условия равновесия неоднородных систем. Энергия Гиббса компонента системы. Парообразование как фазовый переход. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Термодинамика систем с химическими реакциями, ТДР систем. Закон действующих масс. Константы равновесия химических реакций. Влияние температуры и давления на ТДР системы.	30	10	4	6	20	20
<b>Всего за 5 семестр</b>			108	34	17	17	74	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	34	17	17	74	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные положения термодинамики и теплофизики (ТД и ТФ) однородных систем.	Исследование процесса теплопроводности методом трубы	3
2		Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха	3
3	Раздел 4. Термодинамика потока газа.	Исследование теплопроводности длинного стержня	5
4	Раздел 5. Основные положения ТД неоднородных систем. Термохимия.	Исследование нестационарной теплопроводности в регулярном режиме охлаждения тела	3
5		Газовые процессы	3
Всего за 5 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные положения термодинамики и теплофизики (ТД и ТФ) однородных систем.	Выполнение заданий лабораторных работ	8
2		Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	12
3	Раздел 2. Первое и второе начало термодинамики.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	4
4	Раздел 3. Термодинамические процессы.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с	4

		литературой.	
5		Выполнение практического задания	16
6	Раздел 4. Термодинамика потока газа.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	3
7		Выполнение заданий лабораторной работы	7
8	Раздел 5. Основные положения ТД неоднородных систем. Термохимия.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	10
9		Выполнение заданий лабораторных работ	10
Всего за 5 семестр			74

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5			ЛР		ЛР	ДР				ДР		КВ			ЛР	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- КВ – контрольные вопросы;
- зач. – зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- контрольные вопросы.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
2. В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 215 экз.
3. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 241 экз.
4. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
5. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 84 экз.
6. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
7. Г. А. Мухачёв, В. К. Щукин. . Термодинамика и теплопередача. М.: Высш. шк., 1991, 20 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
4. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
5. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



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

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Лабораторный стенд по изучению технической термогазодинамики;
2. Лабораторная установка для исследования комбинированного теплообмена горизонтальных труб с окружающей средой в условиях свободной конвекции;
3. Лабораторная установка для исследования нестационарной теплопроводности в регулярном режиме охлаждения тела;
4. Лабораторная установка для исследования теплоотдачи при свободном движении воздуха;
5. Лабораторная установка для исследования теплопроводности длинного стержня;
6. Лабораторная установка для исследования теплопроводности методом трубы;
7. Лабораторная установка по изучению газовых процессов;
8. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОФИЗИКА СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-4 Способен самостоятельно разрабатывать математические модели физических процессов при функционировании образцов боеприпасов и взрывателей.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изложением теоретических основ и физической сущности основных термодинамических процессов и процессов теплообмена, методов их анализа, исследования и расчётов параметров, освоение путей интенсификации тепловых машин, теплообмена и теплоизоляции элементов энергетических установок.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- контрольные вопросы.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Основные положения термодинамики и теплофизики (ТД и ТФ) однородных систем.</b>		
Выполнение заданий лабораторных работ	В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1) В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1)	8
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	Г. А. Мухачёв, В. К. Щукин. . Термодинамика и теплопередача: М.: Высш. шк., 1991 (1) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1 - 3) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1) В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1 - 3)	12
Итого по разделу 1		20
<b>Раздел 2. Первое и второе начало термодинамики.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2 - 3) В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2 - 3)	4
Итого по разделу 2		4
<b>Раздел 3. Термодинамические процессы.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2.5)	4
Выполнение практического задания	В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.	16

	<p>Устинова, 2016 (2)</p> <p>В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2.5)</p> <p>В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2)</p>	
Итого по разделу 3		20
<b>Раздел 4. Термодинамика потока газа.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	<p>В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)</p> <p>В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (5)</p> <p>В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (5)</p>	3
Выполнение заданий лабораторной работы	<p>В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)</p>	7
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Основные положения ТД неоднородных систем. Термохимия.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой.	<p>В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (6 - 7)</p> <p>В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (4)</p> <p>В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (4)</p>	10
Выполнение заданий лабораторных работ	<p>В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 1 Термодинамика гомогенных и гетерогенных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (6 - 7)</p>	10
Итого по разделу 5		20

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- контрольные вопросы;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Лабораторная работа

##### Допуск к ЛР

Допуск к выполнению ЛР происходит при представлении студентом в письменном виде описания, содержащего постановку задачи лабораторной работы, план выполнения лабораторной работы и цели предлагаемого исследования и в форме устного собеседования по тематике лабораторной работы. Ответы на более чем 50% вопросов является допуском к лабораторной работе.

##### Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате. Отчет должен содержать: цель ЛР, физическую постановку задачи, математическую модель, результаты исследования, представленные в численном виде и в виде графика, анализа полученных результатов и выводов по ЛР. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты лабораторной работы обучающиеся должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы.

Оценка защиты работы выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- выполнение лабораторной работы в лаборатории – 20 баллов,
- оформление пояснительной записки – 30 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 50 баллов.

В случае набора 70 баллов студент получает зачет по данной лабораторной работе.

Основаниями для доработки могут служить:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчет не может быть принят и подлежит переработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
  - отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов расчетов.

#### Контрольные вопросы

Критерии оценивания ответов на контрольные вопросы.

Ответы на контрольные вопросы по определенным разделам дисциплины осуществляются в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса в рамках изучаемого раздела, для успешной аттестации необходимо правильно ответить на 2 и выше вопросов. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов:

1. Физические и термодинамические параметры рабочего тела (РТ). Понятие идеального газа. Уравнение Майера. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона и Клапейрона-Менделеева). Работоспособность РТ, пути её повышения.
2. Равновесное состояние и равновесные процессы в ТДС. Понятие локального термодинамического

равновесия в ТДС. Условия равновесия однородной ТДС.

3. Термодинамические функции состояния РТ, их независимость от характера процесса. Закон Джоуля для внутренней энергии ТДС.

4. Первый закон термодинамики с неподвижным РТ. Работа, теплота, внутренняя энергия и энтальпия РТ, их изменение в ходе процессов.

5. Политропные процессы, условия политропных процессов. Характер политропного процесса (уравнение политропы). Примеры политропных процессов.

6. Теплоёмкость политропного процесса и её зависимость от характера процесса. Расчёт теплоёмкости процесса.

7. Элементарные термодинамические процессы. Соотношение параметров, работа и теплота в изохорных и изобарных процессах. Сравнительные характеристики этих процессов, примеры их реализации в энергетических системах.

8. Элементарные термодинамические процессы. Соотношение параметров, работа и теплота в изотермическом и адиабатном процессах. Сравнительные характеристики этих процессов, примеры их реализации в энергетических системах.

9. Второй закон термодинамики. Энтропия. Термодинамическое тождество. Расчёт изменения энтропии в термодинамических процессах. Изменение энтропии в равновесных и неравновесных ТДС. Принцип минимального производства энтропии при релаксации ТДС в равновесное состояние.

10. Значение  $p, v$  и  $T, s$  – диаграмм в термодинамике. Примеры их использования. Изображение политропных процессов на диаграммах.

11. Смеси идеальных газов. Понятие «приведённой» молярной массы смеси, расчёт её величины в зависимости от компонентов и их долей в смеси. Парциальное давление и парциальный объём компонента в смеси.

12. Способы задания состава смеси газов. Расчёт «приведённых» физических параметров смеси в зависимости от способа задания её состава.

13. Первый закон термодинамики для потока газа. Работа проталкивания газа, располагаемая работа потока газа. Использование  $p-v$  диаграммы для анализа состояния газа в потоке и его работоспособности. Пути повышения работоспособности потока газа.

14. Модель состояния открытой (проточной) ТДС. Понятие «жидкой» частицы в потоке и её локального ТДР. Модель одномерного течения газа по каналу.

15. Условия ускорения потока газа до сверхзвуковых скоростей. Сопло Лаваля. Особенности работы сопла.

16. Критический перепад давления по соплу. Параметры газа и потока в критическом сечении сопла Лаваля.

17. Скорость потока газа на выходе из сопла (на срезе сопла) и пути её повышения.

18. Анализ зависимости расхода газа через сопло от перепада давления по соплу (от давления в окружающей среде). Критический режим течения газа (критический перепад давления по соплу).

19. Максимальный расход газа через сопло и пути его повышения.

20. Круговые процессы или циклы. Условия осуществления цикла. Цикл Карно. Термодинамическая эффективность и максимальная эффективность цикла теплового двигателя. Пути повышения эффективности тепловых машин.

21. Продукты сгорания топлива как рабочее тело двигателей. Основы термохимии сгорания углеводородного топлива в воздухе. Анализ состава продуктов сгорания топлива.

22. Закон Гесса для изобарической камеры. Решение уравнения сохранения энтальпий, связь между расходом воздуха и температурой в камере сгорания.

23. Теплопроводность как элементарный процесс теплообмена. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности решения задач теплопроводности, примеры их использования

24. Стационарная теплопроводность одно- и многослойной плоской стенки. Температурное поле, тепловой поток через стенку, термическое сопротивление стенки.

25. Нестационарная теплопроводность. Уравнение Фурье – Кирхгофа в размерной и безразмерной форме. Условия однозначности решения задач нестационарной теплопроводности.

26. Решение уравнения Фурье – Кирхгофа для теплопроводности неограниченной пластины. Анализ температурного поля пластины.

27. Задача о теплопередаче через плоскую стенку. Термическое сопротивление теплопередачи. Порядок расчёта задачи.

28. Задача о теплопередаче через цилиндрическую стенку. Термическое сопротивление. Порядок расчёта задачи.

29. Тепловая изоляция. Критический диаметр тепловой изоляции трубы. Условие нанесения тепловой изоляции на трубу.

30. Тепловое излучение, виды лучистых потоков. Модели абсолютно чёрного и серого тела. Законы теплового излучения тел.

31. Теплообмен излучением в системе реальных тел. Приведённая степень черноты системы тел.

32. Особенности излучения газов. Уравнение переноса лучистой энергии в излучающе-поглощающей среде. Законы Бугера для излучающе-поглощающей среды.

### **Зачет**

К сдаче зачета допускаются обучающиеся при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных программой дисциплины. Зачет проходит в форме ответов на два контрольных вопроса по выбору преподавателя. Перечень вопросов для зачета приведен в УМК дисциплины.

Знания, умения и навыки студентов определяются оценками:

«Зачтено» – студент знает курс на уровне лекционного материала, базового учебника, дополнительной учебной, научной и методологической литературы, умеет привести разные точки зрения по излагаемому вопросу.

«Не зачтено» – студент имеет пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

Критерии оценивания

- соответствие содержания ответа на поставленный вопрос – min 0,4, max 1;

- логичность и последовательность в изложении ответа – min 0,4, max 1;

Итого баллов: min 0.8 балл, max 2 балла

Минимальная сумма баллов для получения зачета - 1 балл.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-4	
3	5	Раздел 1. Основные положения термодинамики и теплофизики (ТД и ТФ) однородных систем.	30	10	4	6	20	20	Лабораторная работа
3	5	Раздел 2. Первое и второе начало термодинамики.	7	3	3	0	4	20	Контрольные вопросы
3	5	Раздел 3. Термодинамические процессы.	23	3	3	0	20	20	Контрольные вопросы
3	5	Раздел 4. Термодинамика потока газа.	18	8	3	5	10	20	Лабораторная работа
3	5	Раздел 5. Основные положения ТД неоднородных систем. Термохимия.	30	10	4	6	20	20	Лабораторная работа
Всего за 5 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	



**Оценочные материалы по дисциплине ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОФИЗИКА  
СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ**

**ПК-4 - Способен самостоятельно разрабатывать математические модели физических процессов при функционировании образцов боеприпасов и взрывателей**

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите процесс (1-3) с его уравнением (а-д).

Процессы:

1. Изотермический
2. Адиабатный
3. Политропный

Уравнения:

- а)  $pv = \text{const}$
- б)  $pv^\gamma = \text{const}$
- в)  $pv^n = \text{const}$
- г)  $Q=L$
- д)  $c_p - c_v = R$

№ 2 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность этапов передачи тепла в твердом теле при нагревании:

- а) Увеличение кинетической энергии молекул.
- б) Передача тепла от более нагретых участков к менее нагретым.
- в) Достижение теплового равновесия.

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой процесс изменения состояния газа происходит без теплообмена?

- а) Изобарный
- б) Изохорный
- в) Изотермический
- г) Адиабатный

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какое утверждение верно для идеального газа?

- а) Молекулы взаимодействуют на расстоянии.
- б) Молекулы не взаимодействуют на расстоянии.
- в) Молекулы не сталкиваются.
- г) Никакого взаимодействия молекул газа друг с другом не происходит

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В каких агрегатных состояниях коэффициент теплопроводности может достигать больших значений по сравнению с другими? Выберите все верные варианты.

Варианты ответов:

- а) Твёрдое состояние (кристаллические материалы)
- б) Жидкое состояние (металлы в расплаве)
- в) Газообразное состояние (при низком давлении)
- г) Плазма (ионизированный газ)

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнесите вид теплообмена (1-3) с его описанием (а-д).

Виды теплообмена:

- 1. Теплопроводность
- 2. Конвекция
- 3. Излучение

Описания:

- а) Перенос тепла за счет движения жидкости или газа.
- б) Перенос тепла через электромагнитные волны.
- в) Перенос тепла через непосредственный контакт частиц.
- г) Процесс, при котором работа газа равна нулю.
- д) Процесс, требующий наличия вакуума.

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность процессов в цикле Карно:

- а) Изотермическое расширение.
- б) Адиабатное расширение.
- в) Изотермическое сжатие.
- г) Адиабатное сжатие.

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В каких термодинамических процессах работа газа не равна нулю? Выберите все верные варианты.

Варианты ответов:

- а) Изотермический процесс
- б) Изохорный процесс
- в) Изобарный процесс
- г) Адиабатный процесс

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие виды теплообмена существуют?

- а) Теплопроводность

б) Конвекция

в) Работа

г) Излучение

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Чему равно количество теплоты для нагревания кирпича массой 2 кг от 20°C до 220°C, если удельная теплоемкость 750 Дж/(кг·К)?

а) 200 кДж

б) 300 кДж

в) 400 кДж

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Объясните, почему работа, совершенная водородом, в 2 раза больше работы, совершенной гелием, при одинаковых условиях нагрева.

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Опишите распределение температуры в плоской стенке при стационарном режиме и постоянных теплофизических параметрах. Почему оно линейное?