

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»

Актуализировано 24 ДЕК 2018

Проректор МАИ  Д.А.Козорез

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Козорез Д.А.  
"30" "08" 2018

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000094944)**

**Термодинамика и теплопередача**

(указывается наименование дисциплины по учебному плану)

Специальность 24.05.03 Испытание летательных аппаратов

Квалификация выпускника Инженер

Специализация подготовки Летные испытания пилотируемых авиационных и воздушно-космических летательных аппаратов

Форма обучения очная  
(очно, очно-заочное, заочное)

Выпускающая кафедра A11

Обеспечивающая кафедра A11

Кафедра-разработчик рабочей программы A11

Семестр	З.Е.	Трудоемкость, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	КСР, час.	СРС, час.	Экзаменов, час.	Форма промежуточного контроля
5	3	108	28	0	8	0	72	0	Зо
6	5	180	28	0	8	0	108	36	Э

Москва  
2018

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Разделы рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

### Приложения к рабочей программе дисциплины

Приложение 1. Аннотация рабочей программы

Приложение 2. Прикрепленные файлы

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС НИУ МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО по специальности 24.05.03 Испытание летательных аппаратов

---

Авторы программы:

Торопов В.А.

  
\_\_\_\_\_

Заведующий обеспечивающей кафедрой А11

  
\_\_\_\_\_ Балык О.А.

Программа одобрена:

Заведующий выпускающей кафедрой А11

  
\_\_\_\_\_ Балык О.А.

Директор выпускающего филиала «Взлет»

  
\_\_\_\_\_ Жиделев А.В.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.

Целью освоения дисциплины Термодинамика и теплопередача является достижение следующих результатов освоения(РО):

№	Шифр	Результат освоения
1	У-1 (ОПК-4)	Уметь использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики в профессиональной деятельности для решения инженерных задач проектирования
2	У-7 (ОПК-5)	Уметь разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности
3	У-1 (ОПК-6)	Уметь использовать основные положения, законы и методы механики и технологий в познавательной и профессиональной деятельности при решении инженерных (проектных, проектно-конструкторских, конструкторско-технологических) задач

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

№	Шифр	Компетенция
1	ОПК-4	Готовность использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики в профессиональной деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)
2	ОПК-5	Готовность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)
3	ОПК-6	Готовность использовать основные положения, законы и методы механики и технологий в познавательной и профессиональной деятельности при решении инженерных (проектных, проектно-конструкторских, конструкторско-технологических) задач с использованием методов теоретического и экспериментального исследования

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Термодинамика и теплопередача является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

№	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Математический анализ	Динамика полета
2	Дифференциальные уравнения	Итоговая гос. аттестация
3	Линейная алгебра и аналитическая геометрия	Гидродинамика (Прикладная газодинамика)
4	Вычислительная математика	Моделирование систем и процессов
5	Физика	Теория планирования летных испытаний
6	Теория вероятностей и математическая статистика	
7	Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление	
8	Соппротивление материалов	
9	Теоретическая механика	
10	Инженерная графика	

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных(ые) единиц(ы), 288 часа(ов).

Модуль	Раздел	Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	КСР	СРС	Всего часов	Всего с экзаменами и курсовыми
Термодинамика и теплопередача 1 часть	Введение	4	0	0	0	13	17	108
	Основы молекулярно-кинетической теории газов	4	0	0	0	10	14	
	Термодинамическая система	6	0	4	0	21	31	
	Первый закон термодинамики	8	0	4	0	25	37	
	Второй закон термодинамики	6	0	0	0	3	9	
Термодинамика и теплопередача 2 часть	Уравнения движения газового потока	12	0	0	0	30	42	180
	Циклы тепловых машин	10	0	0	0	48	58	
	Теплопередача	6	0	8	0	30	44	
<b>Всего</b>		<b>56</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>252</b>	<b>288</b>

### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

*В разделе приводится полный перечень дидактических единиц, подлежащих усвоению при изучении данной дисциплины.*

#### 1. Введение

- 1.1. Предмет дисциплины и ее задачи. Краткие исторические сведения.
- 1.2. Рабочее тело и его параметры

#### 2. Основы молекулярно-кинетической теории газов

- 2.1. Уравнение Больцмана.
- 2.2. Закон Авогадро
- 2.3. Газовые смеси.

#### 3. Термодинамическая система

- 3.1. Термодинамический процесс.
- 3.2. Теплота и работа.
- 3.3. Теплоемкость.

#### 4. Первый закон термодинамики

- 4.1. Внутренняя энергия
- 4.2. Аналитическое выражение работы процесса.

- 4.3. Обратимые и необратимые процессы
- 4.4. Математическое выражение первого закона термодинамики.
- 4.5. Уравнение Майера
- 4.6. Энтальпия.
- 4.7. Функции процесса и функции состояния
- 4.8. Термодинамические процессы идеальных газов
- 4.9. Политропные процессы
- 4.10. Энтропия.
- 4.11. Тепловые термодинамические координаты.

## **5. Второй закон термодинамики**

- 5.1. Термодинамический цикл.
- 5.2. Термический коэффициент полезного действия.
- 5.3. Цикл Карно
- 5.4. Двигатель Стирлинга
- 5.5. Обратный термодинамический цикл
- 5.6. Интеграл Клаузиуса
- 5.7. Изменение энтропии рабочего тела в необратимом цикле.

## **6. Уравнения движения газового потока**

- 6.1. Уравнение неразрывности потока.
- 6.2. Уравнение энергии (теплосодержания).
- 6.3. Уравнение Бернулли.
- 6.4. Истечение газов.
- 6.5. Истечение жидкости.
- 6.6. Критическая скорость истечения
- 6.7. Связь между скоростью течения газа и формой канала
- 6.8. Сопло Лавалья
- 6.9. Газодинамические функции

## **7. Циклы тепловых машин**

- 7.1. Цикл с подводом теплоты при  $\square = \text{const}$ .
- 7.2. Цикл с подводом теплоты при  $P = \text{const}$
- 7.3. Цикл со смешанным подводом теплоты.
- 7.4. Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении
- 7.5. Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном объеме.
- 7.6. Регенерация теплоты
- 7.7. Внутренние термодинамические циклы

## 8. Теплопередача

- 8.1. Основной закон теплопроводности
- 8.2. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
- 8.3. Распределение тепла в плоской стенке
- 8.4. Теплоотдача между стенкой и жидкостью
- 8.5. Теплопередача через плоскую стенку.
- 8.6. Теплообмен соприкосновением
- 8.7. Вычисление коэффициентов теплоотдачи.
- 8.8. Теплообмен излучением
- 8.9. Излучение газов
- 8.10. Теплообменный аппарат.
- 8.11. Определение поверхности нагрева теплообменного аппарата, средняя разность температур.

### 3.2. Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема лекции	Дидакт. единицы
1	1.1. Введение	4	Предмет дисциплины и ее задачи. Краткие исторические сведения. Рабочее тело и его параметры	1.1, 1.2
2	1.2. Основы молекулярно-кинетической теории газов	4	Уравнение Больцмана. Закон Авогадро. Газовые смеси	2.1, 2.2, 2.3
3	1.3. Термодинамическая система	4	Термодинамический процесс. Теплота и работа.	3.1, 3.2
4	1.3. Термодинамическая система	2	Теплоемкость.	3.3
5	1.4. Первый закон термодинамики	2	Внутренняя энергия. Аналитическое выражение работы процесса. Обратимые и необратимые процессы.	4.1
6	1.4. Первый закон термодинамики	2	Математическое выражение первого закона термодинамики. Уравнение Майера.	4.4, 4.5
7	1.4. Первый закон термодинамики	2	Энтальпия. Функции процесса и функции состояния. Термодинамические процессы идеальных газов.	4.1, 4.2, 4.3
8	1.4. Первый закон термодинамики	2	Политропные процессы. Энтропия. Тепловые термодинамические координаты.	4.9, 4.10, 4.11
9	1.5. Второй закон термодинамики	2	Термодинамический цикл. Термический коэффициент полезного действия.	5.1, 5.2
10	1.5. Второй закон термодинамики	2	Цикл Карно. Двигатель Стирлинга	5.3, 5.4
11	1.5. Второй закон термодинамики	2	Интеграл Клаузиуса. Изменение энтропии рабочего тела в необратимом цикле.	5.6, 5.7
12	2.6. Уравнения движения газового потока	4	Уравнение неразрывности потока. Уравнение энергии (теплосодержания). Уравнение Бернулли.	6.1, 6.2, 6.3
13	2.6. Уравнения движения газового потока	4	Истечение газов. Истечение жидкости. Критическая скорость истечения.	6.4, 6.5, 6.6
14	2.6. Уравнения движения газового потока	4	Связь между скоростью течения газа и формой канала. Сопло Лаваля. Газодинамические функции.	6.7, 6.8, 6.9

	потока			
15	2.7.Циклы тепловых машин	4	Цикл с подводом теплоты при $\square = \text{const}$ . Цикл с подводом теплоты при $P = \text{const}$ . Цикл со смешанным подводом теплоты.	5.5, 7.1, 7.2, 7.3
16	2.7.Циклы тепловых машин	4	Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении. Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном объеме.	7.4, 7.5
17	2.7.Циклы тепловых машин	2	Регенерация теплоты. Внутренние термодинамические циклы.	7.6, 7.7
18	2.8.Теплопередача	2	Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Распределение тепла в плоской стенке.	8.1, 8.2, 8.3
19	2.8.Теплопередача	2	Теплоотдача между стенкой и жидкостью. Теплопередача через плоскую стенку.	8.4, 8.5
20	2.8.Теплопередача	2	Теплообмен соприкосновением. Вычисление коэффициентов теплоотдачи.	8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11
<b>Итого:</b>		<b>56</b>		

### 3.3.Содержание лекций.

#### 1.1.1. Предмет дисциплины и ее задачи. Краткие исторические сведения. Рабочее тело и его параметры (АЗ: 4, СРС: 13)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Предмет дисциплины и ее задачи. Краткие исторические сведения. Рабочее тело и его параметры.

#### 1.2.1. Уравнение Больцмана. Закон Авогадро. Газовые смеси (АЗ: 4, СРС: 10)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Уравнение Больцмана. Уравнение газового состояния.

#### 1.3.1. Термодинамический процесс. Теплота и работа. (АЗ: 4, СРС: 10)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Закон Авогадро. Газовые смеси

#### 1.3.2. Теплоемкость. (АЗ: 2, СРС: 10)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Термодинамический процесс. Теплота и работа.

#### 1.4.1. Внутренняя энергия. Аналитическое выражение работы процесса. Обратимые и необратимые процессы. (АЗ: 2, СРС: 6)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Теплоемкость газов.

**1.4.2. Математическое выражение первого закона термодинамики. Уравнение Майера.** (А3: 2, СРС: 6)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Внутренняя энергия. Аналитическое выражение работы процесса. Обратимые и необратимые процессы.

**1.4.3. Энтальпия. Функции процесса и функции состояния.**

**Термодинамические процессы идеальных газов.**

(А3: 2, СРС: 6)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Математическое выражение первого закона термодинамики. Уравнение Майера.

**1.4.4. Политропные процессы. Энтропия. Тепловые термодинамические координаты.** (А3: 2, СРС: 6)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Энтальпия. Функции процесса и функции состояния.

**1.5.1. Термодинамический цикл. Термический коэффициент полезного действия.** (А3: 2, СРС: 1)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Термодинамические процессы идеальных газов. Политропные процессы.

**1.5.2. Цикл Карно. Двигатель Стирлинга** (А3: 2, СРС: 1)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Термодинамический цикл. Термический коэффициент полезного действия.

**1.5.3. Интеграл Клаузиуса. Изменение энтропии рабочего тела в необратимом цикле.** (А3: 2, СРС: 1)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Энтропия. Тепловые термодинамические координаты.

**2.6.1. Уравнение неразрывности потока. Уравнение энергии (теплосодержания). Уравнение Бернулли.** (А3: 4, СРС: 10)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Цикл Карно. Двигатель Стирлинга. Обратный термодинамический цикл.



**2.6.2. Истечение газов. Истечение жидкости. Критическая скорость истечения.** (АЗ: 4, СРС: 10)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**2.6.3. Связь между скоростью течения газа и формой канала. Сопло Лавалья. Газодинамические функции.** (АЗ: 4, СРС: 10)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Интеграл Клаузиуса. Изменение энтропии рабочего тела в необратимом цикле.

**2.7.1. Цикл с подводом теплоты при  $\square = \text{const}$ . Цикл с под-водом теплоты при  $P = \text{const}$ . Цикл со смешанным подводом теплоты.** (АЗ: 4, СРС: 16)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**2.7.2. Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении. Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном объеме.** (АЗ: 4, СРС: 16)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Уравнение неразрывности потока. Уравнение энергии (теплосодержания).

**2.7.3. Регенерация теплоты. Внутренние термодинамические циклы.** (АЗ: 2, СРС: 16)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Уравнение Бернулли.

**2.8.1. Основной закон теплопроводности. Дифференциаль-ное уравнение теплопроводности. Распределение тепла в плоской стенке.** (АЗ: 2, СРС: 6)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**2.8.3. Теплоотдача между стенкой и жидкостью. Теплопередача через плоскую стенку.** (АЗ: 2, СРС: 6)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Истечение газов. Истечение жидкости. Критическая скорость истечения.

**2.8.4. Теплообмен соприкосновением. Вычисление коэффициентов теплоотдачи.** (АЗ: 2, СРС: 6)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция, мастер-класс

**Описание:** Теплообмен излучением. Излучение газов. Теплообменный аппарат. Определение поверхности нагрева теплообменного аппарата, средняя разность температур.

### 3.6.Лабораторные работы

№ п/п	Раздел дисциплины	Наименование лабораторной работы	Наименование лаборатории	Объем, часов	Дидакт. единицы
1	1.3.Термодинамическая система	Определение параметров влажного воздуха	Виртуальная лаборатория «Теплотехника»	4	3.1, 3.2, 3.3
2	1.4.Первый закон термодинамики	Первый закон термодинамики в приложении к решению одного из видов технических задач		4	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11
3	2.8.Теплопередача	Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала. Теплоотдача вертикального цилиндра при естественной конвекции		8	8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11
<b>Итого:</b>				16	

### 3.7.Содержание лабораторных работ

#### 1.3.1. Определение параметров влажного воздуха (АЗ: 4, СРС: 1)

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### 1.4.1. Первый закон термодинамики в приложении к решению одного из видов технических задач (АЗ: 4, СРС: 1)

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### 2.8.1. Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала. Теплоотдача вертикального цилиндра при естественной конвекции (АЗ: 8, СРС: 12)

**Форма организации:** Лабораторная работа

### 3.6. Промежуточная аттестация

#### 1. Зачет (5 семестр)

Вопросы к зачету (5 семестр) приведены в прил. 2.1.

#### 2. Экзамен (6 семестр)

Вопросы к экзамену (6 семестр) приведены в прил. 2.2.

### 4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Основная и дополнительная литература по дисциплине
2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
3. Ресурсы научно-технической библиотеки МАИ.
4. Информационные стенды кафедры.

Вопросы для самостоятельной работы по темам приведены в прил. 2.1.

Задания для самостоятельной работы обучающихся приведены в прил. 2.2.

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Раздел формируется на основании Положения о фонде оценочных средств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», утвержденном приказом ректора № 334 от 24.04.2018 г. (п. 5.4.1) и включает:

1) перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;

2) описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

3) типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;

4) методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

**5.1 Перечень компетенций и этапы их формирования приведены в следующей таблице:**

<b>№</b>	<b>Шифр</b>	<b>Компетенция</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>
1	ОПК-4	Готовность использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики в профессиональной деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа по разделам РПД, в соответствующем семестре
2	ОПК-5	Готовность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач проектирования (разработки, технологического обеспечения, обслуживания и т.п.)	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа по разделам РПД, в соответствующем семестре
	ОПК-6	Готовность использовать основные положения, законы и методы механики и технологий в познавательной и профессиональной деятельности при решении инженерных (проектных, проектно-конструкторских, конструкторско-технологических) задач с использованием методов теоретического и экспериментального исследования	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа по разделам РПД, в соответствующем семестре

**5.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания:**

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, а также описание шкал оценивания, в соответствии с видом контроля успеваемости обучающегося, сформулировано в п.п. 7.3...7.5.3 Положения о фонде оценочных средств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», утвержденном приказом ректора № 334 от 24.04.2018 г.

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

Формы оценочных средств текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i><b>Текущий контроль успеваемости</b></i>			
1.	Текущее тестирование	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или модуля дисциплины, организованное в виде письменного либо автоматизированного выполнения заданий, содержащих теоретические вопросы либо практические задания (задачи). Рекомендуется для оценки знаний и умений студентов.	Комплект контрольных тестов, заданий (прил. 2.4)
2.	Выполнение лабораторных работ	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или модуля дисциплины, организованное в виде проверки текущих результатов при выполнении лабораторной работы. Организуется в виде собеседования преподавателя с обучающимися. Рекомендуется для оценки умений и навыков студентов.	Перечень лабораторных работ (раздел 3)
3.	Защита лабораторных (с отчетом)	Средство, позволяющее оценить умение и владение обучающегося понимать суть поставленной задачи, самостоятельно выбирать методы анализа, применять стандартные методы достижения поставленной задачи, проводить критический анализ полученных результатов, технически грамотно излагать результаты работы. Рекомендуется для оценки умений и владений студентов.	Перечень лабораторных работ. (раздел 3)
<i><b>Промежуточная аттестация</b></i>			
4.	Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения и владения обучающегося по учебной дисциплине. Рекомендуется для оценки знаний, умений и владений студентов.	Комплект вопросов для обсуждения к зачету (прил. 2.1)
5.	Экзамен	Средство, позволяющее оценить знания, умения и владения обучающегося по учебной дисциплине. Рекомендуется для оценки знаний, умений и владений студентов.	Комплект теоретических вопросов и практических заданий (билетов) к экзамену (прил. 2.3)

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

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в соответствии с видом контроля успеваемости обучающегося, могут быть выбраны из:

- п. 7.5 Положения о фонде оценочных средств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», утвержденного приказом ректора № 334 от 24.04.2018 г.

- п. 2 Положения о балльно-рейтинговой системе оценки результатов обучения по дисциплине, утвержденного приказом ректора № 42 от 04.02.2014 г.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература:

Термодинамика и теплопередача: учеб. для авиац. вузов / А.В. Болгарский, Г.А. Мухачев, В.К. Щукин. - изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1975. - 495 с. : ил. - Библиогр.: с. 485 (38 назв.).

<http://elibrary.mai.ru/MegaPro/Download/ToView/13925?idb=NewMAI2014>

*Методические указания для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:*

1. Методическое указание «Виртуальная лаборатория по технической термодинамике и теплопередаче», доц. Кузнецов Б.Ф., доц. Тарантова Г.Д.
2. Учебное пособие (сборник задач) по выполнению практических работ по дисциплине «Термодинамика и теплопередача», В.Л. Письменный.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине обучающимся предоставляется возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа к электронным библиотечным системам из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

<b>№№</b>	<b>Наименование ресурса</b>	<b>Интернет-ссылка на ресурс</b>
1	Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ)	<a href="http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web">http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web</a>
2	Электронная библиотечная система ЮРАЙТ ЭБС «Легендарные книги» ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ»	<a href="http://biblio-online.ru">http://biblio-online.ru</a> , <a href="https://biblio-online.ru/catalog/legendary">https://biblio-online.ru/catalog/legendary</a>
3	Электронная библиотечная система «Лань» ООО «Издательство Лань»	<a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>
4	Электронная библиотечная система «ZNANIUM.COM» ООО «Научно-издательского центра ИНФРА-М»	<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>
5	Электронная библиотечная система eLIBRARY ООО «РУНЭБ»	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
6	Библиотека РФФИ	<a href="http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library">http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library</a>
7	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
8	Система проверки на заимствования «РУКОНТ» ООО «Национальный цифровой ресурс «Руконт»	<a href="http://text.rucont.ru">http://text.rucont.ru</a>
9	НП НЭИКОН Некоммерческое партнерство «Национальный Электронно-Информационный Консорциум»	<a href="http://archive.neicon.ru">http://archive.neicon.ru</a>
10	Научные полнотекстовые ресурсы издательства	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>

№№	Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
	<b>Springer (архив)</b> Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ «ГПНТБ России»	
11	<b>Международная система цитирования Web Of Science</b> Правообладатель - Thomson Reuters, с 03.10.2016 г. - Clarivate Analytics, обеспечение доступа ФГБУ «ГПНТБ России»	<a href="http://www.webofscience.com">www.webofscience.com</a>
12	<b>Международная система цитирования Scopus</b> Издательство Elsevier, обеспечение доступа ФГБУ «ГПНТБ России»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

## 8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ

Обучение дисциплине проводится в форме аудиторных (лекции, практические занятия) и самостоятельных занятий. Цель аудиторных занятий – дать систематические знания по дисциплине и закрепить их с помощью и под контролем преподавателя во время практических занятий и лабораторных работ. Цель самостоятельной работы – получить более глубокие знания в ходе изучения литературы и других материалов по дисциплине, при выполнении домашних заданий и в процессе подготовки и оформления лабораторных работ.

**Лекции.** Опыт показывает, что студенты, слабо посещающие лекции, гораздо хуже разбираются в материале, испытывают затруднения при необходимости применить лекционный материал на практике, а на подготовку к экзаменам тратят гораздо больше времени. Следовательно, посещать лекции – в интересах студентов. Во время лекций полезно вести краткий конспект: во-первых, в работу включается моторная память, во-вторых, конспект даёт возможность быстро освежить материал, в-третьих, навык выбора и фиксации наиболее важных элементов лекции полезен, если профессия студента будет связана с созданием программных систем.

Лекция знакомит студента с новым учебным материалом, структурирует его представление о предмете, тем самым давая возможность эффективнее обогащать свои знания при самостоятельной работе. Лектор получает возможность поделиться опытом работы, который нередко невозможно получить другим путём: далеко не всё, что знает специалист, можно найти в литературе.

**Практические занятия.** Работа на практических занятиях проводится в достаточно свободной обстановке, когда студенты имеют возможность выбирать разные пути решения задачи. Прежде чем воспользоваться помощью преподавателя, студенты обсуждают задачу между собой, используя при этом имеющийся теоретический материал. Нужно иметь в виду, что, пропуская занятия, студент ставит себя в сложное положение, вплоть до срыва сессии.

**Подготовка к лекции.** В силу специфики дисциплины темы лекций редко бывают изолированными или короткими, объёмом в одно занятие. Обычно текущая лекция в значительной мере опирается на предыдущий материал, особенно на последнюю лекцию. Так что знакомство с ней даст возможность гораздо эффективнее работать на занятиях.

**Подготовка к практическим занятиям.** На практических занятиях от студента требуется активная работа, которая без подготовки практически невозможна. Нужно, помимо знакомства с теоретическим материалом, выполнить работы, заданные на дом, уточнить методы решения рассматриваемых задач.

**Подготовка к зачётам и экзаменам.** Если студент в течение семестра посещал лекции, работал на практических занятиях, правильно готовился к занятиям дома, зачёт или экзамен становится для него технической процедурой, в ходе которой он сможет показать свой уровень. В противном случае ему придётся поработать достаточно серьёзно. Допуск к экзаменам получают лишь те студенты, которые полностью выполнили все задания. Поэтому, если нет уверенности, что все задания будут сданы в срок, лучше обратиться на это внимание заранее.

### ***Методические рекомендации к заданиям***

При выполнении заданий необходимо определить: какими методами они решаются наиболее рациональным способом, просмотреть не только теоретический материал, но как решались аналогичные задания в ходе аудиторных занятий.

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Дисциплина ориентирована на применение компьютерной техники, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронной библиотеки МАИ для поиска, сбора, хранения, обработки и представления информации. Для осуществления образовательного процесса по дисциплине применяются:

*Интернет-ресурсы:*

1. <http://www.tsniimash.ru/> - ЦНИИ машиностроения (ЦНИИМАШ)

## **10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения чтения лекций используется:

- аудитория, укомплектованная учебной мебелью, доской с мелом (маркером) и оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Для проведения практических (лабораторных) занятий используется:

- аудитория, укомплектованная учебной мебелью, доской с мелом (маркером) и оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина Термодинамика и теплопередача является частью Блока 1 Дисциплины дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 24.05.03 Испытание летательных аппаратов. Дисциплина реализуется на «Взлет» факультете «Московский авиационного института (национального исследовательского университета)» кафедрой (кафедрами) A11.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: изучением общих законов естествознания, применительно к теплотехнике.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: Лекция, мастер-класс, Лабораторная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: промежуточная аттестация в форме Зачет с оценкой (5 семестр), Экзамен (6 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (56 часов), практические (0 часов), лабораторные (16 часов) занятия и (180 часов) самостоятельной работы студента.



**Приложение 2.1.**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Термодинамика и теплопередача»**

**Вопросы к зачету**  
**(4 семестр)**

- 1.1. Предмет дисциплины и ее задачи. Краткие исторические сведения.
- 1.2. Рабочее тело и его параметры
- 2. Основы молекулярно-кинетической теории газов**
- 2.1. Уравнение Больцмана.
- 2.2. Закон Авогадро
- 2.3. Газовые смеси.
- 3. Термодинамическая система**
- 3.1. Термодинамический процесс.
- 3.2. Теплота и работа.
- 3.3. Теплоемкость.
- 4. Первый закон термодинамики**
- 4.1. Внутренняя энергия
- 4.2. Аналитическое выражение работы процесса.
- 4.3. Обратимые и необратимые процессы
- 4.4. Математическое выражение первого закона термодинамики.
- 4.5. Уравнение Майера
- 4.6. Энтальпия.
- 4.7. Функции процесса и функции состояния
- 4.8. Термодинамические процессы идеальных газов
- 4.9. Политропные процессы
- 4.10. Энтропия.
- 4.11. Тепловые термодинамические координаты.

**Приложение 2.2.**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Термодинамика и теплопередача»**

**Вопросы к экзамену**  
**(5 семестр)**

**5. Второй закон термодинамики**

- 5.1. Термодинамический цикл.
- 5.2. Термический коэффициент полезного действия.
- 5.3. Цикл Карно
- 5.4. Двигатель Стирлинга
- 5.5. Обратный термодинамический цикл
- 5.6. Интеграл Клаузиуса
- 5.7. Изменение энтропии рабочего тела в необратимом цикле.

**6. Уравнения движения газового потока**

- 6.1. Уравнение неразрывности потока.
- 6.2. Уравнение энергии (теплосодержания).
- 6.3. Уравнение Бернулли.
- 6.4. Истечение газов.
- 6.5. Истечение жидкости.
- 6.6. Критическая скорость истечения
- 6.7. Связь между скоростью течения газа и формой канала
- 6.8. Сопло Лавалья
- 6.9. Газодинамические функции

**7. Циклы тепловых машин**

- 7.1. Цикл с подводом теплоты при  $\square = \text{const}$ .
- 7.2. Цикл с подводом теплоты при  $P = \text{const}$
- 7.3. Цикл со смешанным подводом теплоты.
- 7.4. Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении
- 7.5. Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном объеме.
- 7.6. Регенерация теплоты
- 7.7. Внутренние термодинамические циклы

**8. Теплопередача**

- 8.1. Основной закон теплопроводности
- 8.2. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
- 8.3. Распределение тепла в плоской стенке
- 8.4. Теплоотдача между стенкой и жидкостью
- 8.5. Теплопередача через плоскую стенку.
- 8.6. Теплообмен соприкосновением
- 8.7. Вычисление коэффициентов теплоотдачи.
- 8.8. Теплообмен излучением
- 8.9. Излучение газов
- 8.10. Теплообменный аппарат.
- 8.11. Определение поверхности нагрева теплообменного аппарата, средняя разность температур.

**Приложение 2.3.**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Термодинамика и теплопередача»**

**Вопросы для самостоятельной работы обучающихся**

1. Исторический обзор развития теплотехники (Интернет)
2. Физическая сущность температуры и давления как параметров, характеризующих состояние газа.
3. Обратимые и необратимые термодинамические процессы
4. Закон сохранения и превращения энергии в природе как физическая основа Первого закона термодинамики.
5. Физическая сущность Второго закона термодинамики.
6. Уравнения движения газового потока – различные формы выражения всеобщего закона сохранения и превращения энергии применительно к газовому потоку
7. Примеры реализации различных термодинамических циклов.
8. Примеры использования законов теплопередачи