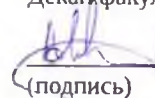


УТВЕРЖДАЮ  
Декаан факультета

  
(подпись) Юнаков Л. П.  
« 31 » 05 2022  
Ф.И.О.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника Энергетика теплотехнологий
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
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	6	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.03.05 Двигатели летательных аппаратов**  
**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

год набора группы: 2022

Программу составили:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Беляева Анастасия Сергеевна, ассистент



Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Шалимов Вигалий Петрович, к.т.н., доцент



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

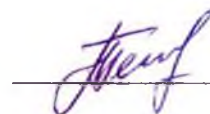
Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.



Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

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



# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ТЕОРИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

### **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:

24.03.05 (A9)	УК-1 — способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
13.03.01 (A9)	ОПК-3 — способность демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах
24.03.05 (A9)	ОПК-5 — способность использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники
13.03.01 (A9)	ПСК-1.1 — способность использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов, протекающих в объектах тепломассообменного энергетического оборудования с целью обеспечения надежности работы и оптимальных условий его функционирования
13.03.01 (A9)	ПСК-1.2 — способность разрабатывать физические и математические модели процессов тепломассообмена, протекающих в энергетических установках
24.03.05 (A9)	ПСК-1.3 — способность выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **УК-1 (24.03.05, A9)**

*знания:*

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

*умения:*

теоретические: разрабатывать физические схемы и математические модели процессов теплообмена;

*навыки:*

использовать принципы интенсификации теплообмена в энергетических устройствах, оценивать их эффективность, владеть анализом путей повышения эффективности.

### **ОПК-3 (13.03.01, A9)**

*знания:*

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

*умения:*

теоретические: разрабатывать физические схемы и математические модели процессов теплообмена;

*навыки:*

владеть навыками анализа процессов теплообмена в энергетических установках.

### **ОПК-5 (24.03.05, A9)**

*знания:*

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

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

*умения:*

теоретические: разрабатывать физические схемы и математические модели процессов теплообмена;

*навыки:*

владеть навыками анализа процессов теплообмена в энергетических установках.

### **ПСК-1.1 (13.03.01, A9)**

*знания:*

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

*умения:*

теоретические: разрабатывать физические схемы и математические модели процессов теплообмена;

*навыки:*

использовать принципы интенсификации теплообмена в энергетических устройствах, оценивать их эффективность, владеть анализом путей повышения эффективности.

### **ПСК-1.2 (13.03.01, A9)**

*знания:*

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

*умения:*

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

*навыки:*

использовать принципы интенсификации теплообмена в энергетических устройствах, оценивать их эффективность, владеть анализом путей повышения эффективности.

**ПСК-1.3 (24.03.05, А9)**

*знания:*

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

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

*умения:*

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

*навыки:*

использовать принципы интенсификации теплообмена в энергетических устройствах, оценивать их эффективность, владеть анализом путей повышения эффективности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ, ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ВЫСОКОЭНТРОПНЫХ ПРОЦЕССОВ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники
- ПСК-1.1 — способность использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники
- ПСК-1.3 — способность выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов

### 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	Практические занятия		УК-1 (24.03.05)	ОПК-3 (13.03.01)	ОПК-5 (24.03.05)	ПСК-1.1 (13.03.01)	ПСК-1.2 (13.03.01)	ПСК-1.3 (24.03.05)
3	6	Раздел 1. Введение. Модель пограничного слоя. 1.1. Поля скоростей и температуры. 1.2. Граничные условия полей.	3	1	1	0	2	10	10	10	10	10	10
3	6	Раздел 2. Теплоотдача как краевая задача. 2.1. Математическая модель и критерии подобия. 2.2. Критериальные уравнения теплоотдачи.	9	6	2	4	3	10	10	10	10	10	10
3	6	Раздел 3. Математическая модель пограничного слоя. 3.1. Уравнения Прандтля. Интеграл Крокко. 3.2. Аналогия Рейнольдса трения и теплообмена.	13	8	4	4	5	10	10	10	10	10	10
3	6	Раздел 4. Решение Блазиуса уравнений Прандтля. 4.1. Обобщенная координата и функция тока. 4.2. Интенсивность трения на пластине.	14	9	4	5	5	10	10	10	10	10	10
3	6	Раздел 5. Решение Польгаузена уравнения энергии для пограничного слоя. 5.1. Интенсивность теплоотдачи на пластине. 5.2. Локальный и осредненный коэффициенты теплоотдачи.	14	9	5	4	5	10	10	10	10	10	10
3	6	Раздел 6. Теплоотдача при обтекании тел. 6.1. Пограничный слой на поверхности клина. 6.2. Теплоотдача тел различной формы.	14	9	4	5	5	10	10	10	10	10	10
3	6	Раздел 7. Теплоотдача при свободной конвекции. 7.1. Теплоотдача вертикальной поверхности. 7.2. Теплоотдача на поверхности труб.	15	10	6	4	5	10	10	10	10	10	10
3	6	Раздел 8. Теплоотдача высокоскоростного потока. 8.1. Особенности полей скоростей и температур в пограничном слое высокоскоростного потока. 8.2. Уравнения пограничного слоя в переменных Дордницина. 8.3. Расчёт интенсивности теплообмена с учётом сжимаемости среды.	13	8	4	4	5	15	15	15	15	15	15
3	6	Раздел 9. Теплоотдача в турбулентном пограничном слое. 9.1. Понятие и определение турбулентных коэффициентов переноса. 9.2. Уравнения турбулентного пограничного слоя. 9.3. Теплоотдача в турбулентном пограничном слое.	13	8	4	4	5	15	15	15	15	15	15
Всего за 6 семестр			108	68	34	34	40	100	100	100	100	100	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100	100	100	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Теплоотдача как краевая задача.	Решение задач стационарной теплоотдачи в элементах конструкции энергетических систем.	4
2	Раздел 3. Математическая модель пограничного слоя.	Формирование граничных условий различного рода при решении задач теплоотдачи в элементах конструкции энергетических систем.	4
3	Раздел 4. Решение Блазиуса уравнений Прандтля.	Решение задач на расчёт трения и потери давления в потоках в элементах конструкции энергетических систем.	5
4	Раздел 5. Решение Польгаузена уравнения энергии для пограничного слоя.	Решение задач на расчёт теплоотдачи в потоках в элементах конструкции энергетических систем.	4

5	Раздел 6. Теплоотдача при обтекании тел.	Решение задач на расчёт теплоотдачи в потоках в элементах конструкции энергетических систем.	5
6	Раздел 7. Теплоотдача при свободной конвекции.	Решение задач на расчёт теплоотдачи свободной конвекцией в элементах конструкции энергетических систем.	4
7	Раздел 8. Теплоотдача высокоскоростного потока.	Расчёт тепловой нагрузки на поверхность спускаемого аппарата в зависимости от условий спуска.	4
8	Раздел 9. Теплоотдача в турбулентном пограничном слое.	Расчёт тепловой нагрузки на поверхность преграды, взаимодействующей с потоком высокотемпературного газа.	4
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>34</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение. Модель пограничного слоя.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	2
2	Раздел 2. Теплоотдача как краевая задача.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	3
3	Раздел 3. Математическая модель пограничного слоя.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
4	Раздел 4. Решение Блазиуса уравнений Прандтля.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
5	Раздел 5. Решение Польгаузена уравнения энергии для пограничного слоя.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
6	Раздел 6. Теплоотдача при обтекании тел.	Подготовка к экзамену	5
7	Раздел 7. Теплоотдача при свободной конвекции.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
8	Раздел 8. Теплоотдача высокоскоростного потока.	Подготовка к экзамену	5
9	Раздел 9. Теплоотдача в турбулентном пограничном слое.	Подготовка к экзамену	5
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>40</b>

## 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
6			ТекК		ТекК, ДЗ	ДР			ТекК, ДЗ	ДР		ТекК, ДЗ			ТекК, ДЗ	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ДЗ – домашнее задание.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:



- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Александров, А. М. Архаров, И. А. Архаров. . Теплотехника. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, эл. рес.
2. А. А. Александров, А. М. Архаров, И. А. Архаров. . Теплотехника. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 22 экз.
3. В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача). СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 173 экз.
4. В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача). СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 76 экз.
5. В. В. Сахин. Термодинамика энергетических систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, 257 экз.
6. В. В. Сахин. . Термодинамика энергетических систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
7. В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача). СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
8. В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача). СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
9. В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, эл. рес.
10. В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, 114 экз.
11. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 84 экз.
12. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
13. С. И. Исаев, И. А. Кожин, В. И. Кофанов. Теория тепломассообмена. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Б. Н. Юдаев. . Теплопередача. М.: Высш. шк., 1981, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Вестник академии военных наук.

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

1. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <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. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
2. Google Chrome;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Microsoft Office.

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. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
3. Google Chrome;
4. Matlab 2015a SP1;
5. Microsoft Office.

### **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 **ТЕОРИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлениям: 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

УК-1 (24.03.05) способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

ОПК-3 (13.03.01) способность демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах;

ОПК-5 (24.03.05) способность использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники;

ПСК-1.1 (13.03.01) способность использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов, протекающих в объектах тепломассообменного энергетического оборудования с целью обеспечения надежности работы и оптимальных условий его функционирования;

ПСК-1.2 (13.03.01) способность разрабатывать физические и математические модели процессов тепломассообмена, протекающих в энергетических установках;

ПСК-1.3 (24.03.05) способность выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими основами и физической сущностью основных процессов теплообмена, методами их анализа, исследованиями и расчётами параметров, освоением путей интенсификации теплообмена элементов энергетических установок.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 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. Введение. Модель пограничного слоя.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	<p>В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (1)</p> <p>В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (введение, 1)</p> <p>В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1)</p> <p>В. В. Сахин. Термодинамика энергетических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-3)</p> <p>А. А. Александров, А. М. Архаров, И. А. Архаров. . Теплотехника: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (2)</p> <p>В. В. Сахин, В. П. Шалимов. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (1)</p> <p>Б. Н. Юдаев. . Теплопередача: М.: Высш. шк., 1981 (1)</p> <p>В. В. Сахин. . Термодинамика энергетических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-3)</p> <p>С. И. Исаев, И. А. Кожин, В. И. Кофанов. Теория тепломассообмена: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (введение)</p> <p>В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1)</p> <p>В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1-2)</p> <p>В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, Н. А. Брыков. . Теплопередача в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1-2)</p> <p>А. А. Александров, А. М. Архаров, И. А. Архаров. . Теплотехника: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (2)</p>	2

	В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (введение)	
Итого по разделу 1		2
<b>Раздел 2. Теплоотдача как краевая задача.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2) В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2) С. И. Исаев, И. А. Кожин, В. И. Кофанов. Теория теплообмена: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (1) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2) В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2)	3
Итого по разделу 2		3
<b>Раздел 3. Математическая модель пограничного слоя.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2-3) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3) В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2-3)	5
Итого по разделу 3		5
<b>Раздел 4. Решение Блазиуса уравнений Прандтля.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3) В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2) В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2) В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3)	5
Итого по разделу 4		5
<b>Раздел 5. Решение Польгаузена уравнения энергии для пограничного слоя.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4)	5

	В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2)	
Итого по разделу 5		5
<b>Раздел 6. Теплоотдача при обтекании тел.</b>		
Подготовка к экзамену	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. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4)	5
Итого по разделу 6		5
<b>Раздел 7. Теплоотдача при свободной конвекции.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3) В. В. Сахин. . Теплообмен в однородной среде (теплопередача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4)	5
Итого по разделу 7		5
<b>Раздел 8. Теплоотдача высокоскоростного потока.</b>		
Подготовка к экзамену	В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (6) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (6) С. И. Исаев, И. А. Кожинов, В. И. Кофанов. Теория тепломассообмена: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (1-3)	5
Итого по разделу 8		5
<b>Раздел 9. Теплоотдача в турбулентном пограничном слое.</b>		
Подготовка к экзамену	В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4-5) В. В. Сахин. . Конвективный теплообмен в однородной среде (теплоотдача): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4-5) С. И. Исаев, И. А. Кожинов, В. И. Кофанов. Теория тепломассообмена: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (2-3)	5
Итого по разделу 9		5



## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание;
- экзамен.

### 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.

#### Вопросы для текущего контроля

Текущий контроль (ТК) с использованием тестовых заданий и вопросов. Вопросы для текущего контроля входят в состав УМК дисциплины. В тестировании используется 10 вопросов по разделам дисциплины. Оценка усвоения дисциплины проводится по 100 бальной шкале:

- рейтинг теста меньше 30 баллов (ответ на 5 и менее вопросов) – ТК не сдан,
- рейтинг теста от 30 до 60 баллов (ответ на 6 вопросов) – дополнительное собеседование (2 вопроса), при положительных ответах ТК сдан;
- рейтинг теста от 60 до 100 баллов (ответ на 7 и более вопросов) – ТК сдан.

#### Домашнее задание

Пояснительная записка к домашнему заданию представляется в печатной форме с использованием редактора Word (приложение 4).

Критерии оценивания (в 10-и бальной системе):

- правильный расчёт, оформление результатов в соответствии с требованиями и их защита – 10 баллов, Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 2 являются:
- неуверенная защита результатов расчёта;
- неполный или отсутствующий перечень предложений по содержанию задания;
- небрежное выполнение пояснительной записки,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба графиков, отсутствие указания единиц измерения на графиках).

Требования к защите ДЗ: Защита ДЗ осуществляется на уровне собеседования с преподавателем в свободной форме “вопрос - ответ”. Перечень контрольных вопросов прилагается к заданию [1].

Вес контрольных этапов выполнения ДЗ:

- активность и самостоятельность в ходе выполнения ДЗ – 25%;
- оформление пояснительной записки к ДЗ – 15%;
- своевременное выполнение ДЗ по графику контрольных мероприятий – 20%;
- уровень защиты результатов, ответов на контрольные вопросы – 50%.

При наборе выше 75% домашнее задание считается выполненным.

#### Экзамен

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме экзамена, к которому допускается обучающийся при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий. Экзамен проводится в форме ответов на 2 вопроса экзаменационного билета. Комплект билетов входит в состав УМК дисциплины. Итоги сдачи экзамена оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – отлично;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – хорошо;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – удовлетворительно;
- неправильные ответы и не готовность к собеседованию по темам билета – неудовлетворительно.



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	Практические занятия		УК-1 (24.03.05)	ОПК-3 (13.03.01)	ОПК-5 (24.03.05)	ПСК-1.1 (13.03.01)	ПСК-1.2 (13.03.01)	ПСК-1.3 (24.03.05)	
3	6	Раздел 1. Введение. Модель пограничного слоя.	3	1	1	0	2	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 2. Теплоотдача как краевая задача.	9	6	2	4	3	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 3. Математическая модель пограничного слоя.	13	8	4	4	5	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 4. Решение Блазиуса уравнений Прандтля.	14	9	4	5	5	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля, Домашнее задание
3	6	Раздел 5. Решение Польгаузена уравнения энергии для пограничного слоя.	14	9	5	4	5	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 6. Теплоотдача при обтекании тел.	14	9	4	5	5	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 7. Теплоотдача при свободной конвекции.	15	10	6	4	5	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 8. Теплоотдача высокоскоростного потока.	13	8	4	4	5	15	15	15	15	15	15	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 9. Теплоотдача в турбулентном пограничном слое.	13	8	4	4	5	15	15	15	15	15	15	Вопросы для текущего контроля
Всего за 6 семестр			108	68	34	34	40	100	100	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100	100	100	100	100	