


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
(подпись) / Юнаков Л. П.  
ФИО  
« 31 » 05 2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование жидкостных ракетных двигателей
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	
5	9	3	108	68	34	0	34	40	0	18	22	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

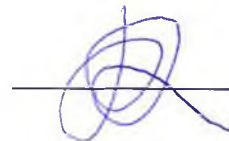
**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ

Боряев Александр Александрович, к.т.н., доцент



Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

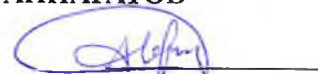


Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.



# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

## **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:

ПСК-5 — способность проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-5**

*знания:*

- принципы действия, типы промышленного теплообменного оборудования;
- методики теплового конструктивного расчета для теплообменных аппаратов (ТА) с различными схемами движения теплоносителей при фазовых превращениях и без них;
- процессы, протекающие при передаче теплоты и массы в аппаратах;;

*умения:*

- конструктивные, поверочные, гидравлические и прочностные расчеты теплообменников, сушильных установок, скрубберов, ректификационных колонн, холодильных установок;
- выбор основного и вспомогательного оборудования;
- производить поверочный расчет ТА;
- выполнять гидравлический и прочностной расчеты ТА;;

*навыки:*

- проведения конструктивных, поверочных, гидравлических расчетов ТА;
- выбора наиболее эффективного режима работы ТА..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности 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	Практические занятия		ПСК-5
5	9	Раздел 1. Классификация. Классификация теплообменного оборудования.	10	8	4	4	2	20
5	9	Раздел 2. Теплообменные аппараты. Рекуперативные теплообменные аппараты и установки. Кожухотрубные теплообменные аппараты.	37	20	10	10	17	20
5	9	Раздел 3. Основы проектирования. Основы проектирования теплообменных аппаратов. Поверочный, гидравлический, прочностной расчет теплообменников.	37	20	10	10	17	20
5	9	Раздел 4. Тип теплообменного оборудования. Теплообменное оборудование контактного типа.	14	12	6	6	2	20
5	9	Раздел 5. Холодильные установки. Физические основы получения холода. Расчет теплообменных аппаратов холодильных машин.	10	8	4	4	2	20
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Классификация.	Назначение различных видов теплообменного оборудования, область их применения в зависимости от назначения и особенностей конструкции.	4
2	Раздел 2. Теплообменные аппараты.	Изучение конструктивных особенностей теплообменников рекуперативного типа. Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов.	5
3		Изучение конструктивных особенностей кожухотрубных теплообменников. Расчет кожухотрубных теплообменных аппаратов.	5
4	Раздел 3. Основы проектирования.	Поверочный расчет теплообменных аппаратов	4
5		Гидравлический расчет теплообменных аппаратов	4
6		Прочностной расчет теплообменных аппаратов	2
7	Раздел 4. Тип теплообменного оборудования.	Изучение конструктивных особенностей теплообменных аппаратов контактного типа. Расчет контактных теплообменников.	6
8	Раздел 5. Холодильные установки.	Изучение конструктивных особенностей холодильных установок. Расчет холодильных установок.	4
Всего за 9 семестр			34

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Классификация.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
2	Раздел 2. Теплообменные аппараты.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Выполнение курсовой работы.	17
3	Раздел 3. Основы	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц	17

	проектирования.	по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Выполнение курсовой работы.	
4	Раздел 4. Тип теплообменного оборудования.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
5	Раздел 5. Холодильные установки.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>40</b>

### 3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Выбор конструкции теплообменного аппарата. Расчет массового расхода и конечной температуры теплоносителей.	3 - 4	2
Этап 2. Тепловой расчет.	5 - 7	4
Этап 3. Конструктивный расчет.	8 - 9	4
Этап 4. Гидравлический расчет.	9 - 10	4
Этап 5. Заключение. Оформление пояснительной записки.	11 - 12	4
<b>Всего за 9 семестр</b>		<b>18</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
<b>9</b>				ТекК		ДР			ТекК	ДР		КР				ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- КР – курсовая работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, эл. рес.
2. В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семёнов. Теплотехника. Т. 1 Термодинамика и теория теплообмена. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. Ю. В. Анискевич. . Приборы и методы измерения теплотехнических величин. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.

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

### 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:

не требуется.

### 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:**

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

### **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 **ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-5 способность проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разработкой и эксплуатацией теплообменного оборудования, оценки параметров работы 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;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

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. Классификация.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1) В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семёнов. Теплотехника. Т. 1 Термодинамика и теория теплообмена: Москва: Юрайт, 2020 (с.287-304)	2
Итого по разделу 1		2
<b>Раздел 2. Теплообменные аппараты.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Выполнение курсовой работы.	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1-4) В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семёнов. Теплотехника. Т. 1 Термодинамика и теория теплообмена: Москва: Юрайт, 2020 (с. 287-304)	17
Итого по разделу 2		17
<b>Раздел 3. Основы проектирования.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Выполнение курсовой работы.	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (2-6) Ю. В. Анискевич. . Приборы и методы измерения теплотехнических величин: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (2-4) В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семёнов. Теплотехника. Т. 1 Термодинамика и теория теплообмена: Москва: Юрайт, 2020 (с.287-304)	17
Итого по разделу 3		17
<b>Раздел 4. Тип теплообменного оборудования.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (5)	2
Итого по разделу 4		2
<b>Раздел 5. Холодильные установки.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (5)	2

Итого по разделу 5	2
--------------------	---

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- курсовая работа;
- дифференцированный 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.

#### Вопросы для текущего контроля

Студент должен правильно ответить на один/два вопроса преподавателя по теме практического занятия.

Примерный список вопросов расположен в УМК дисциплины.

#### Курсовая работа

Курсовая работа представляется в печатном виде в формате, соответствующим «Положению по содержанию, оформлению, организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ БГТУ. СМК-П-4.2-12» от 24 ноября 2015 г.

- Оценка «отлично» соответствует: правильно выполненному и оформленному тексту КР; грамотной и логичной презентации, отражающей цель и решение основных задач, поставленных и решенных в КР; четкому, логичному докладу по сути защищаемой КР; полным ответам студента на все вопросы, заданные преподавателями, входящими в комиссию.

- Оценка «хорошо» соответствует: правильно выполненному и оформленному тексту КР; грамотной презентации с небольшим нарушением логики и компоновки представления результатов, отражающей цель и решение основных задач, поставленных и решенных в защищаемой КР; докладу по сути защищаемой КР, с нарушением логики представления материала; неполному ответу на один из вопросов, заданные преподавателями, входящими в комиссию.

- Оценка «удовлетворительно» соответствует правильно выполненному и оформленному тексту КР; грамотной презентации с нарушением логики и компоновки представления результатов, отражающей цель и решение основных задач, поставленных и решенных в защищаемой КР; не предоставлению в рамках доклада одной из основных задач КР, с нарушением логики представления материала; отсутствию ответа или неправильным ответам на несколько вопросов, заданных преподавателями, входящими в комиссию.

В случае, если студент подготовил к защите презентацию, не соответствующую содержанию защищаемой КР, в рамках доклада не представил основные результаты защищаемой КР, не ответил ни на один из предложенных преподавателями вопросов, он отправляется на повторную защиту КР.

#### Дифференцированный зачет

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.

Для получения оценки «удовлетворительно» студент должен выполнить тест и ответить не менее чем на 60% вопросов (в тесте 20 вопросов).

Для получения оценок «хорошо» и «отлично» дифференцированный зачет проходит в форме ответов на два теоретических вопроса по билету. Оценивается полнота и правильность ответа по билету.

Оценка «хорошо»: ответ по билету не менее 80% по каждому вопросу.

Оценка «отлично»: ответ по билету не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса из списка со степенью полноты ответа не менее 50% по каждому.

Вопросы расположены в УМК дисциплины.

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		ПСК-5	
5	9	Раздел 1. Классификация.	10	8	4	4	2	20	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 2. Теплообменные аппараты.	37	20	10	10	17	20	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 3. Основы проектирования.	37	20	10	10	17	20	Вопросы для текущего контроля, Курсовая работа
5	9	Раздел 4. Тип теплообменного оборудования.	14	12	6	6	2	20	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 5. Холодильные установки.	10	8	4	4	2	20	Вопросы для текущего контроля
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	