

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 Юнаков Л. П.  
 (подпись) ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Пилотируемые и автоматические космические аппараты и системы
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

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	
4	8	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ  
Калягин Лев Иванович, к.т.н., профессор

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА**

## **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-1/23.3 — способность определять тепловой режим изделий РКТ и проектировать средства и системы его обеспечения

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1/23.3**

*знания:*

на уровне представлений: физические условия теплообмена в космическом пространстве; схемы современных и перспективных систем обеспечения теплового режима; состав и технические характеристики тепловых агрегатов систем обеспечения теплового режима; теплофизические и эксплуатационные характеристики пассивных средств обеспечения теплового режима;

на уровне воспроизведения: математические модели процессов внешнего теплообмена в космосе и ограниченном объёме орбитального гермоконтейнера; математические модели и расчётные схемы тепловых агрегатов систем обеспечения теплового режима,

на уровне понимания: основные принципы построения и функционирования систем обеспечения теплового режима космических аппаратов; методики проектирования систем обеспечения теплового режима.;

*умения:*

теоретические: составление и решение систем уравнений, описывающих процессы функционирования систем обеспечения теплового режима

практические: навыки в области программирования, решения задач на ЭВМ в различных пакетах программ; подготовка электронных отчетов, содержащих текстовую и графическую информацию.;

*навыки:*

разработки программ, проведения расчётов систем обеспечения теплового режима с использованием ЭВМ и анализа их результатов..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕРМОДИНАМИКА, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, 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 знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ПСК-1/23.1 — Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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-1/23.3
4	8	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения.</b> 1.1. Дидактическая единица 1. Назначение и содержание дисциплины. 1.2. Дидактическая единица 2. Основные задачи проектирования систем обеспечения теплового режима (СОТР). 1.3. Дидактическая единица 3. Параметры теплового режима космического аппарата. 1.4. Дидактическая единица 4. Классификация и состав СОТР.	8	2	2	0	6	5
4	8	<b>Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.</b> 2.1. Дидактическая единица 5. Схема внешнего теплообмена космического аппарата в космическом пространстве. 2.2. Дидактическая единица 6. Тепловые модели планет. 2.3. Дидактическая единица 7. Модель прямого солнечного излучения. 2.4. Дидактическая единица 8. Модель атмосферных тепловых потоков. 2.5. Дидактическая единица 9. Математические модели внешних тепловых нагрузок. 2.6. Дидактическая единица 10. Тепловое состояние внешних элементов конструкции космических аппаратов.	27	10	2	8	17	20
4	8	<b>Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.</b> 3.1. Дидактическая единица 11. Особенности внутреннего теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов. 3.2. Дидактическая единица 12. Модели внутренних тепловых нагрузок космических аппаратов. 3.3. Дидактическая единица 13. Тепловая схема и математическая модель внутреннего теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов. 3.4. Дидактическая единица 14. Определение коэффициентов конвективного теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов.	22	6	2	4	16	15
4	8	<b>Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.</b> 4.1. Дидактическая единица 15. Математическая модель газораспределения. 4.2. Дидактическая единица 16. Выбор типа и параметров вентилятора. 4.3. Дидактическая единица 17. Показатели влажностного режима и способы обеспечения влажности.	13	6	2	4	7	5
4	8	<b>Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.</b> 5.1. Дидактическая единица 18. Экранно-вакуумная теплоизоляция (ЭВТИ). 5.2. Дидактическая единица 19. Терморегулирующие покрытия.	22	6	2	4	16	15
4	8	<b>Раздел 6. Активные системы терморегулирования.</b> 6.1. Дидактическая единица 20. Активные газовые системы терморегулирования. 6.2. Дидактическая единица 21. Активные газожидкостные системы терморегулирования.	27	10	2	8	17	20
4	8	<b>Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.</b> 7.1. Дидактическая единица 22. Радиационный теплообменник. Математическая модель типового элемента рационального теплообменника. Определение хладопроизводительности радиационного теплообменника. 7.2. Дидактическая единица 23. Конвективные теплообменные аппараты систем обеспечения теплового режима.	17	9	3	6	8	15
4	8	<b>Раздел 8. Модель массы системы обеспечения теплового режима.</b> 8.1 Дидактическая единица 24. Модели массы элементов СОТР и функционально-статистическая модель системы.	8	2	2	0	6	5
<b>Всего за 8 семестр</b>			144	51	17	34	93	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	51	17	34	93	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.	Расчёт внешних тепловых нагрузок и теплового состояния внешних элементов конструкции космического аппарата.	8
2	Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.	Расчёт перегрева тепловыделяющего оборудования гермоотсеков космического аппарата.	4
3	Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.	Расчёт напорно-расходных характеристик подсистем вентиляции гермоотсеков космических аппаратов .	4
4	Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.	Расчёт эффективности и термического сопротивления экранно-вакуумной теплоизоляции.	4
5	Раздел 6. Активные системы терморегулирования.	Расчёт проектных параметров активных газовых и газо-жидкостных систем терморегулирования космических аппаратов.	8

6	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.	Расчёт холодопроизводительности радиационных теплообменных аппаратов; Расчёт теплопроизводительности конвективных теплообменных аппаратов.	6
<b>Всего за 8 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. Основные понятия и определения.	Изучение лекционного материала	6
2	Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.	Изучение лекционного материала	3
3		Подготовка к практическим занятиям	4
4		Выполнение домашнего задания и оформление отчёта	10
5	Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.	Изучение лекционного материала	4
6		Подготовка к практическим занятиям	4
7		Выполнение домашнего задания и оформление отчёта	8
8	Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.	Изучение лекционного материала	3
9		Подготовка к практическим занятиям	4
10	Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.	Изучение лекционного материала	3
11		Подготовка к практическим занятиям	3
12		Выполнение домашнего задания и оформление отчёта	10
13	Раздел 6. Активные системы терморегулирования.	Изучение лекционного материала	3
14		Подготовка к практическим занятиям	4
15		Выполнение домашнего задания и оформление отчёта	10
16	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.	Изучение лекционного материала	3
17		Подготовка к практическим занятиям	5
18	Раздел 8. Модель массы системы обеспечения теплового режима.	Изучение лекционного материала	6
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>93</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>8</b>		ОС		ДЗ	ОС	ДР		ДЗ	ОС	ДР	ДЗ	ОС			ОС	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ОС – устный опрос студентов;
- ДЗ – домашнее задание.

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

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Абдурахимов, В. Д. Атамасов, В. Н. Баландин. . Космический аппарат "Янтарь". СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
2. А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов. СПб.: Профессионал, 2014, 60 экз.
3. А. В. Чичиндаев, Ю. В. Дьяченко, В. А. Спарин. . Системы жизнеобеспечения и оборудование летательных аппаратов. Новосибирск: НГТУ, 2019, эл. рес.
4. В. В. Никольский. . Проектирование космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, 317 экз.
5. В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 122 экз.
6. В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 53 экз.
7. В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
8. Л. И. Калягин. . Материалы и покрытия в космической технике. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1996, 131 экз.
9. Л. И. Калягин, Н. К. Матвеев. . Экспериментальные исследования процессов теплообмена в рекуперативных теплообменниках. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 20 экз.
10. Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 74 экз.
11. Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. Н. Бояршинова. . Проектирование систем вентиляции и отопления. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
12. С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
13. С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 85 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. В. Малозёмов, В. Ф. Рожнов, В. Н. Правецкий. . Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1986, 3 экз.

### 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> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань.

### 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. Mathcad Prime 3.1.

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. Лабораторная установка для испытаний различных конструкций теплообменников;
2. Полноразмерный весовой макет КА «Глонасс-К»;
3. Mathcad Prime 3.1.

### **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 **СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПСК-1/23.3 способность определять тепловой режим изделий РКТ и проектировать средства и системы его обеспечения.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с процессами внешнего теплообмена космического аппарата, теплообмена внутри его герметичных отсеков, математическим моделированием этих процессов, с устройством и функционированием пассивных средств обеспечения теплового режима и активных систем терморегулирования, разработкой их математических моделей и моделей составляющих их агрегатов, а также составлением моделей массы систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- устный опрос студентов;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 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 понятия и определения.</b>		
Изучение лекционного материала	В. В. Малозёмов, В. Ф. Рожнов, В. Н. Правецкий. . Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1986 (Глава 3) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Введение, глава 1.) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Введение, глава 1)	6
Итого по разделу 1		6
<b>Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.</b>		
Изучение лекционного материала	С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 1.2) Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Раздел 1)	3
Подготовка к практическим занятиям	А. В. Чичиндаев, Ю. В. Дьяченко, В. А. Спарин. . Системы жизнеобеспечения и оборудование летательных аппаратов: Новосибирск: НГТУ, 2019 (Глава 1)	4
Выполнение домашнего задания и оформление отчёта	В. В. Малозёмов, В. Ф. Рожнов, В. Н. Правецкий. . Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1986 (Раздел 1.2) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Введение, раздел 1.3)	10
Итого по разделу 2		17
<b>Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.</b>		
Изучение лекционного материала	А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Разделы 1.4, 1.5, приложение П.3.2.)	4
Подготовка к практическим занятиям	В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Разделы 3.1, 3.2, 3.3.)	4
Выполнение домашнего задания и оформление отчёта	С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2.)	8

Итого по разделу 3		16
Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.		
Изучение лекционного материала	В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Разделы 3.4, 3.5, 3.6.) А. В. Чичиндаев, Ю. В. Дьяченко, В. А. Спарин. . Системы жизнеобеспечения и оборудование летательных аппаратов: Новосибирск: НГТУ, 2019 (Глава 3)	3
Подготовка к практическим занятиям	Р. Н. Шумилов, Ю. И. Толстова, А. Н. Бояршинова. . Проектирование систем вентиляции и отопления: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Глава 2.)	4
Итого по разделу 4		7
Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.		
Изучение лекционного материала	Л. И. Калягин. . Материалы и покрытия в космической технике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1996 (Раздел 3.) С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2.)	3
Подготовка к практическим занятиям	В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Разделы 4.1, 4.2.) Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Раздел 2.)	3
Выполнение домашнего задания и оформление отчёта		10
Итого по разделу 5		16
Раздел 6. Активные системы терморегулирования.		
Изучение лекционного материала	С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2.)	3
Подготовка к практическим занятиям	А. А. Абдурахимов, В. Д. Атамасов, В. Н. Баландин. . Космический аппарат "Янтарь": СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (Раздел 3.)	4
Выполнение домашнего задания и оформление отчёта	В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 5.8.)	10
Итого по разделу 6		17
Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.		
Изучение лекционного материала	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (Разделы 2, 4) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 2.6) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Разделы 1.12, 1.13, 2.5.)	3
Подготовка к практическим занятиям	Л. И. Калягин, Н. К. Матвеев. . Экспериментальные исследования процессов теплообмена в рекуперативных теплообменниках: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Раздел 1.)	5
Итого по разделу 7		8
Раздел 8. Модель массы системы обеспечения теплового режима.		
Изучение лекционного материала	В. В. Никольский. . Проектирование космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (Раздел 13.4.) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 7.)	6
Итого по разделу 8		6

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- устный опрос студентов;
- 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.

#### Устный опрос студентов

Примеры вопросов, задаваемых при опросе, приведены в УМК.

Критерии оценивания:

Правильный, четко сформулированный ответ - 5 баллов.

Правильный, нечетко сформулированный ответ - 4 балла.

Правильный, но неточный ответ - 3 балла

Неправильный ответ - 2 балла.

#### Домашнее задание

Решения домашних заданий представляются в печатной или рукописной форме. Каждое домашнее задание состоит в решении проектной задачи. Тематика домашних заданий представлена в УМК.

Критерии оценивания:

- правильное решение, при условии качественного оформления с выполнением предъявляемых требований – 5 баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 3 являются:

- небрежное оформление работы,

- неправильно или нечетко сформулированные выводы,

- неправильные ответы при защите домашнего задания.

Домашнее задание не может быть принято и подлежит доработке в случае неправильного решения поставленной в нём проектной задачи.

Для зачета домашнего задания необходимо набрать не менее 3 баллов.

#### Экзамен

Допуском к экзамену является выполнение всех контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка за экзамен выставляется по результатам ответов на 2 вопроса экзаменационного билета. Один из вопросов - основной. Он является емким по содержанию, требует знания физической картины процесса, математического описания параметров и характеристик и глубокого анализа результатов исследования.

Второй вопрос требует краткого анализа поставленной задачи и формулирование основного вывода.

Критерии оценивания:

«отлично» - полный ответ на оба вопроса и возможные дополнительные вопросы;

«хорошо» - незначительные замечания на ответы по обоим вопросам и неполные ответы на дополнительные вопросы;

«удовлетворительно» - неполные ответы на оба вопроса, отсутствие ответов на отдельные дополнительные вопросы;

«неудовлетворительно» - неполный ответ на основной вопрос, отсутствие ответа на второй и дополнительные вопросы.

Комплект экзаменационных билетов входит в состав 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-1/23.3	
4	8	Раздел 1. Основные понятия и определения.	8	2	2	0	6	5	Устный опрос студентов
4	8	Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.	27	10	2	8	17	20	Домашнее задание
4	8	Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.	22	6	2	4	16	15	Домашнее задание
4	8	Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.	13	6	2	4	7	5	Устный опрос студентов
4	8	Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.	22	6	2	4	16	15	Устный опрос студентов, Домашнее задание
4	8	Раздел 6. Активные системы терморегулирования.	27	10	2	8	17	20	Домашнее задание
4	8	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.	17	9	3	6	8	15	Устный опрос студентов
4	8	Раздел 8. Модель массы системы обеспечения теплового режима.	8	2	2	0	6	5	Устный опрос студентов
Всего за 8 семестр			144	51	17	34	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	



## Критерии оценивания

### ПСК-1/23.3

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 Определить солнечную постоянную для небесного тела, движущегося по круговой гелиоцентрической орбите радиусом 0,7 а.е. Ответ округлить до целого числа.
- № 2 Почему в циркуляционных газовых СТР КА наиболее широко применяются вентиляторы осевого типа?
- № 3 Почему поток прямого солнечного излучения можно считать плоскопараллельным?
- № 4 Потребляемая электрическая мощность источника тепловыделений составляет 300 Вт, к.п.д. аппаратуры равен 0,05. Какова тепловая мощность рассеиваемая источником?
- № 5 Вследствие чего наблюдается сезонное изменение солнечной постоянной для Земли?
- № 6 Определить потребную мощность вентилятора, если объёмный расход равен 0,03 куб. м/с, напор равен 135 Н/м. , К.П.Д. вентилятора 0,5. Ответ округлить до первого знака после запятой.
- № 7 Если планета обладает плотной атмосферой и имеет малый период обращения, то собственное излучение планеты равномерно распределено по её поверхности. Почему?
- № 8 Почему максимум спектральной интенсивности отраженного от Земли солнечного излучения находится в коротковолновой части электромагнитного спектра?
- № 9 Почему «регулирование по возмущению» не применяется при построении систем терморегулирования КА?
- № 10 Почему тепловой поток прямого солнечного излучения и поток собственного излучения Земли нельзя непосредственно складывать?
- № 11 Почему испарительные СТР редко применяются на КА?

#### Вопросы закрытого типа:

- № 1 Средства пассивного терморегулирования включают в себя:
- экранно-вакуумную теплоизоляцию;
  - вентиляторы;
  - электронасосные агрегаты;
  - терморегулирующие покрытия
- № 2 На круговой околоземной орбите высотой 200 км. на КА действуют:
- тепловой поток прямого солнечного излучения;
  - тепловой поток собственного излучения Земли;
  - атмосферный тепловой поток;
  - тепловой поток отраженного от Земли солнечного излучения.
- № 3 Общефункциональные требования к СОТР:
- минимальная масса и стоимость;
  - относительная влажность;
  - максимальная надежность.
- № 4 На основании какого закона лучистого теплообмена можно определить длину волны максимума спектральной интенсивности излучения?
- Закона смещения Вина.
  - Закона Планка.
  - Закона Стефана-Больцмана.

- № 5 Низкая тепловая эффективность газового теплоносителя объясняется:
- низким значением удельной теплоёмкости;
  - низким значением теплопроводности;
  - низким значением кинематической вязкости
- № 6 Достоинствами жидкостных СТР КА являются:
- высокая эффективность теплообмена в каналах гидромагистралей;
  - высокая надежность;
  - простота;
  - высокая точность регулирования температуры
- № 7 Какие значения коэффициента поглощения ( $A_s$ ) и коэффициента излучения ( $\epsilon$ ) характеризуют терморегулирующие покрытия класса «солнечные отражатели», применяемые при проектировании космических аппаратов? Выбрать один из вариантов ответа.
- Варианты ответов:
- 1  $A_s \rightarrow 0; \epsilon \rightarrow 1$
  - $A_s \rightarrow 1; \epsilon \rightarrow 0$
  - $A_s \rightarrow 0; \epsilon \rightarrow 0$
  - $A_s \rightarrow 1; \epsilon \rightarrow 1$
- № 8 Наиболее эффективным конвективным теплообменником является теплообменник, реализующий схему:
- прямотока;
  - противотока;
  - поперечного тока.
- № 9 От воздействия каких факторов космического пространства зависит деградация ТРП?
- плотности потока протонов.
  - плотности потока электронов.
  - интенсивности ультрафиолетового солнечного излучения.
  - температуры поверхности.
  - времени эксплуатации.
- № 10 Процесс деградации ТРП носит:
- линейный характер;
  - параболический характер;
  - экспоненциальный характер.