

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

Юнаков Л. П.  
(подпись) ФИО

« 31 » 05 2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА

Направление/специальность подготовки	12.04.01 Приборостроение
Специализация/профиль/программа подготовки	Измерительные информационные технологии
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Кафедра-разработчик рабочей программы	АЗ 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	
6	11	6	216	51	0	0	51	165	0	0	165	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**12.04.01 Приборостроение**

год набора группы: 2022

Программу составил:

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



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**  
**ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ**  
**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-1.1 — Способность осуществлять организационно-техническое управление работами по созданию датчиков-преобразующей аппаратуры для изделий РКТ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-1.1**

### *знания:*

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

на уровне представлений: схемы современных и перспективных систем обеспечения теплового режима; состав и технические характеристики тепловых агрегатов, элементов автоматики и измерительной аппаратуры систем обеспечения теплового режима; теплофизические и эксплуатационные характеристики пассивных средств обеспечения теплового режима; виды испытаний систем обеспечения теплового режима; средства имитации факторов космического полёта;

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

### *умения:*

теоретические: составление и решение систем уравнений, описывающих процессы функционирования систем обеспечения теплового режима; составление схем информационно-измерительных цепей для испытаний и эксплуатации СОТР;

практические: навыки в области программирования, решения задач на ЭВМ в различных пакетах программ; подготовка электронных отчетов, содержащих текстовую и графическую информацию; оценка погрешности измерений при проведении вакуумных и невакуумных испытаний СОТР;;

### *навыки:*

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

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.04.01 Приборостроение*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ, АНАЛОГОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**.

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПК-95 — способен к критическому мышлению в цифровой среде, оценке информации, ее достоверности, построению логических умозаключений на основании поступающих информации и данных
- ПСК-1.1 — Способность осуществлять организационно-техническое управление работами по созданию датчиков-преобразующей аппаратуры для изделий РКТ
- ПСК-1.2 — Способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в области приборостроения

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 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	Практические занятия		ПСК-1.1
6	11	<b>Раздел 1. . Основные понятия и определения.</b> 1.1. Назначение и содержание дисциплины. 1.2. Параметры теплового режима космического аппарата. 1.3. Классификация и состав СОТР КА. 1.4 . Требования, предъявляемые к СОТР КА.	14	4	4	10	5
6	11	<b>Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.</b> 2.1. Схема внешнего теплообмена космического аппарата в космическом пространстве. 2.2. Тепловые модели планет. 2.3. Модель прямого солнечного излучения. 2.4. Модель атмосферных тепловых потоков. 2.5. Математические модели внешних тепловых нагрузок. 2.6. Тепловое состояние внешних элементов конструкции космических аппаратов.	26	6	6	20	12
6	11	<b>Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.</b> 3.1. Особенности внутреннего теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов. 3.2. Модели внутренних тепловых нагрузок космических аппаратов. 3.3. Тепловая схема и математическая модель внутреннего теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов. 3.4. Определение коэффициентов конвективного теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов.	21	6	6	15	10
6	11	<b>Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.</b> 4.1. Математическая модель газораспределения. 4.2. Выбор типа и параметров вентилятора. 4.3. Показатели влажностного режима и способы обеспечения влажности.	14	4	4	10	10
6	11	<b>Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.</b> 5.1. Экранно-вакуумная теплоизоляция (ЭВТИ). 5.2. Терморегулирующие покрытия.	25	5	5	20	11
6	11	<b>Раздел 6. Активные системы терморегулирования.</b> 6.1. Активные газовые системы терморегулирования. 6.2. Активные газожидкостные системы терморегулирования.	20	5	5	15	12
6	11	<b>Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.</b> 7.1. Радиационный теплообменник. Математическая модель типового элемента рационального теплообменника. Определение хладопроизводительности радиационного теплообменника 7.2. Конвективные теплообменные аппараты систем обеспечения теплового режима.	19	4	4	15	5
6	11	<b>Раздел 8. . Эксплуатационные характеристики СОТР.</b> 8.1. Эксплуатационные характеристики активных СОТР. 8.2. Эксплуатационные характеристики пассивных средств обеспечения теплового режима: ЭВТИ, ТРП.	20	5	5	15	8
6	11	<b>Раздел 9. Тепловая отработка космических аппаратов.</b> 9.1. Классификация испытаний. 9.2.Тепловакуумные испытания агрегатов и систем обеспечения теплового режима КА. 9.3. Методы и средства тепловакуумных испытаний.	19	4	4	15	10
6	11	<b>Раздел 10. . Невакуумные испытания агрегатов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.</b> 10.1. Гидравлические испытания агрегатов и циркуляционных контуров систем терморегулирования. 10.2. Вентиляционные испытания.	19	4	4	15	7
6	11	<b>Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР.</b> 11.1. Измерение тепловых потоков. 11.2. Измерение температур. 11.3. Измерение расходов. 11.4. Измерение давлений.	19	4	4	15	10
<b>Всего за 11 семестр</b>			216	51	51	165	100
<b>Всего по дисциплине</b>			216	51	51	165	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. . Основные понятия и определения.	1.1. Назначение и содержание дисциплины. 1.2. Параметры теплового режима космического аппарата. 1.3. Классификация и состав СОТР КА. 1.4 . Требования, предъявляемые к СОТР КА.	4
2	Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.	2.1. Схема внешнего теплообмена космического аппарата в космическом пространстве. 2.2. Тепловые модели планет. 2.3. Модель прямого солнечного излучения. 2.4. Модель атмосферных тепловых потоков. 2.5. Математические модели внешних тепловых нагрузок. 2.6. Тепловое состояние внешних элементов конструкции космических аппаратов.	6
3	Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.	3.1. Особенности внутреннего теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов. 3.2. Модели внутренних тепловых нагрузок космических аппаратов. 3.3. Тепловая схема и математическая модель внутреннего теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов. 3.4. Определение коэффициентов конвективного теплообмена в гермоотсеках космических аппаратов.	6
4	Раздел 4. Подсистемы	4.1. Математическая модель газораспределения. 4.2. Выбор типа	4

	вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.	и параметров вентилятора. 4.3. Показатели влажностного режима и способы обеспечения влажности.	
5	Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.	5.1. Экранно-вакуумная теплоизоляция (ЭВТИ). 5.2. Терморегулирующие покрытия.	5
6	Раздел 6. Активные системы терморегулирования.	6.1. Активные газовые системы терморегулирования. 6.2. Активные газожидкостные системы терморегулирования.	5
7	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.	7.1. Радиационный теплообменник. Математическая модель типового элемента рационального теплообменника. Определение хладопроизводительности радиационного теплообменника 7.2. Конвективные теплообменные аппараты систем обеспечения теплового режима.	4
8	Раздел 8. . Эксплуатационные характеристики СОТР.	8.1. Эксплуатационные характеристики активных СОТР. 8.2. Эксплуатационные характеристики пассивных средств обеспечения теплового режима: ЭВТИ, ТРП.	5
9	Раздел 9. Тепловая отработка космических аппаратов.	9.1. Классификация испытаний. 9.2. Тепловакуумные испытания агрегатов и систем обеспечения теплового режима КА. 9.3. Методы и средства тепловакуумных испытаний.	4
10	Раздел 10. . Невакуумные испытания агрегатов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.	10.1. Гидравлические испытания агрегатов и циркуляционных контуров систем терморегулирования. 10.2. Вентиляционные испытания.	4
11	Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР.	11.1. Измерение тепловых потоков. 11.2. Измерение температур. 11.3. Измерение расходов. 11.4. Измерение давлений.	4
<b>Всего за 11 семестр</b>			<b>51</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.	Подготовка к практическим занятиям.	10
2	Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.	Подготовка к практическим занятиям.	8
3		Выполнение домашнего задания и оформление отчета	12
4	Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.	Выполнение домашнего задания и оформление отчета	8
5		Подготовка к практическим занятиям.	7
6	Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.	Подготовка к практическим занятиям.	10
7	Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.	Подготовка к практическим занятиям	8
8		Выполнение домашнего	12

		задания и оформление отчета	
9	Раздел 6. Активные системы терморегулирования.	Выполнение домашнего задания и оформление отчётов	8
10		Подготовка к практическим занятиям	7
11	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.	Подготовка к практическим занятиям	15
12	Раздел 8. . Эксплуатационные характеристики СОТР.	Подготовка к практическим занятиям.	15
13	Раздел 9. Тепловая отработка космических аппаратов.	Подготовка к практическим занятиям.	15
14	Раздел 10. . Невакуумные испытания агрегатов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.	Подготовка к практическим занятиям.	15
15	Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР.	Подготовка к практическим занятиям	15
<b>Всего за 11 семестр</b>			<b>165</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>11</b>		ОС		ДЗ	ОС	ДР	ДЗ		ОС	ДР	ДЗ	ОС		ДЗ	ОС	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ОС – устный опрос студентов;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

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

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 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. А. Абдурахимов, В. Д. Атамасов, В. Н. Баландин. . Космический аппарат "Янтарь". СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 14 экз.
3. А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов. СПб.: Профессионал, 2014, 60 экз.
4. В. А. Бабук. . Измерение температуры оптическими методами. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
5. В. А. Бабук. . Измерение температуры с помощью термопар. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
6. В. В. Никольский. . Основы проектирования автоматических космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
7. 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.
8. 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.
9. В. К. Иванов, Л. И. Калягин. . Элементы теории испытаний и эксплуатации систем ракетно-космической техники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, 77 экз.
10. Л. И. Калягин. . Материалы и покрытия в космической технике. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1996, 131 экз.
11. Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем. М.: Логос, 2003, 17 экз.
12. М. К. Сапего, Н. А. Тестоедов, В. Д. Атамасов. . Теория проектирования сложных технических систем космического базирования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 49 экз.
13. Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 74 экз.
14. Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
15. С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 85 экз.
16. С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.

### 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.
2. В. В. Малозёмов, Н. С. Кудрявцева. . Системы терморегулирования космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1995, 2 экз.
3. О. Б. Андрейчук, Н. Н. Малахов. Тепловые испытания космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1982, 0 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Датчики и системы.

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

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <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. Практические занятия:**

1. Типовой комплект учебного оборудования «солнечная фотоэлектрическая система» СФЭС-НР-ПО;
2. Фрагменты агрегатов систем терморегулирования КА;
3. Проектор;
4. Лабораторная установка для испытаний различных конструкций теплообменников;
5. Mathcad Prime 3.1.

### **6.2. 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 **ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СИСТЕМ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.04.01 Приборостроение*. 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-1.1 Способность осуществлять организационно-техническое управление работами по созданию датчиков-преобразующей аппаратуры для изделий РКТ.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с : 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. В ней также рассматриваются задачи тепловой отработки систем обеспечения теплового режима, включающие проведение тепловакуумных и невакуумных испытаний, и особенности испытаний систем обеспечения теплового режима пилотируемых космических аппаратов; изучаются измерительно-информационные технологии, используемые при проведении таких испытаний.

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:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**51 ч.**), самостоятельная работа студента (**165 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 165 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>		
Подготовка к практическим занятиям.	А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Раздел 1) В. В. Никольский. . Основы проектирования автоматических космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (Раздел 13.1) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 1)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.</b>		
Подготовка к практическим занятиям.	Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Глава 2) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 6) М. К. Сапего, Н. А. Тестодов, В. Д. Атамасов. . Теория проектирования сложных технических систем космического базирования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Разделы 7.1.1-7.1.5)	8
Выполнение домашнего задания и оформление отчета	А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Приложение П. 3.1.) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 6) Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Глава 2) С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2) Л. И. Калягин. . Материалы и покрытия в космической технике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1996 (Раздел 1)	12
Итого по разделу 2		20
<b>Раздел 3. Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.</b>		
Выполнение домашнего	С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.	8

задания и оформление отчета	Устинова, 2006 (Разделы 1.3, 1.4) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Приложение П 3.2)	
Подготовка к практическим занятиям.	С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2)	7
Итого по разделу 3		15
<b>Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.</b>		
Подготовка к практическим занятиям.	В. В. Малозёмов, Н. С. Кудрявцева. . Системы терморегулирования космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1995 (Раздел 1) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Введение, Разделы 1.6, 1.7) 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)	10
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.</b>		
Подготовка к практическим занятиям	С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2) Н. К. Матвеев. . Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение её характеристик: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Разделы 1.2)	8
Выполнение домашнего задания и оформление отчета	В. В. Малозёмов, В. Ф. Рожнов, В. Н. Правецкий. . Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1986 (Раздел 3) С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Введение, раздел 1.8, Приложение П 3.2) 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)	12
Итого по разделу 5		20
<b>Раздел 6. Активные системы терморегулирования.</b>		
Выполнение домашнего задания и оформление отчётов	А. А. Абдурахимов, В. Д. Атамасов, В. Н. Баландин. . Космический аппарат "Янтарь": СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (Раздел 3) В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Разделы 5.8) В. В. Малозёмов, В. Ф. Рожнов, В. Н. Правецкий. . Системы жизнеобеспечения экипажей летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1986 (Раздел 3) С. И. Королёв. . Системы обеспечения теплового режима космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Раздел 2)	8
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) А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Разделы 1.9, 1.10, 1.11, Приложение 1, П.3.3, П. 3.4.)	7

Итого по разделу 6		15
<b>Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.</b>		
Подготовка к практическим занятиям	<p>В. К. Иванов, Л. И. Калягин. . Элементы теории испытаний и эксплуатации систем ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (Раздел 1.3)</p> <p>В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин. . Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Раздел 6)</p> <p>Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Раздел 5)</p> <p>А. В. Романов. . Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов: СПб.: Профессионал, 2014 (Введение, разделы 1.12, 1.13, 2.5)</p>	15
Итого по разделу 7		15
<b>Раздел 8. . Эксплуатационные характеристики СОТР.</b>		
Подготовка к практическим занятиям.	<p>М. К. Сапего, Н. А. Тестоедов, В. Д. Атамасов. . Теория проектирования сложных технических систем космического базирования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (Глава 6)</p> <p>Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Глава 3)</p>	15
Итого по разделу 8		15
<b>Раздел 9. Тепловая отработка космических аппаратов.</b>		
Подготовка к практическим занятиям.	<p>О. Б. Андрейчук, Н. Н. Малахов. Тепловые испытания космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1982 (Раздел 1)</p> <p>Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Раздел 1)</p>	15
Итого по разделу 9		15
<b>Раздел 10. . Невакуумные испытания агрегатов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.</b>		
Подготовка к практическим занятиям.	<p>О. Б. Андрейчук, Н. Н. Малахов. Тепловые испытания космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1982 (Разделы 2, 3)</p> <p>Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Раздел 1)</p>	15
Итого по разделу 10		15
<b>Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР.</b>		
Подготовка к практическим занятиям	<p>В. А. Бабук. . Измерение температуры оптическими методами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (Раздел 3)</p> <p>В. А. Бабук. . Измерение температуры с помощью термпар: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (Раздел 2)</p> <p>Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов. . Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: М.: Логос, 2003 (Раздел 4)</p>	15
Итого по разделу 11		15

## **ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

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

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

#### **Устный опрос студентов**

Примеры задаваемых при устном опросе вопросов приведены в УМК

Правильный, четко сформулированный ответ-5 баллов.

Правильный, нечетко сформулированный ответ-4 балла.

Правильный, но неточный ответ-3балла

Неправильный ответ-2 балла

#### **Домашнее задание**

Тематика домашних заданий, варианты заданий, требования к оформлению приведены в УМК.

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

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 нечётко 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 защиты домашнего задания необходимо набрать 3 балла

#### **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.

Оценка за дифференцированный зачёт проставляется по результатам выполнения и защиты домашних заданий:

- защита ДЗ на отлично-ЗАЧ-ОТЛИЧНО;
- защита ДЗ на хорошо-ЗАЧ-ХОРОШО;
- защита ДЗ на удовлетворительно-ЗАЧ-УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО.



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	Практические занятия		ПСК-1.1	
6	11	Раздел 1. . Основные понятия и определения.	14	4	4	10	5	Устный опрос студентов
6	11	Раздел 2. Внешний теплообмен космического аппарата.	26	6	6	20	12	Домашнее задание
6	11	Раздел 3. . Внутренний тепловой режим гермоотсеков космического аппарата.	21	6	6	15	10	Домашнее задание
6	11	Раздел 4. Подсистемы вентиляции гермоотсеков космических аппаратов и обеспечения влажности.	14	4	4	10	10	Устный опрос студентов
6	11	Раздел 5. . Пассивные средства обеспечения теплового режима.	25	5	5	20	11	Домашнее задание
6	11	Раздел 6. Активные системы терморегулирования.	20	5	5	15	12	Домашнее задание
6	11	Раздел 7. Тепловые агрегаты систем терморегулирования.	19	4	4	15	5	Устный опрос студентов
6	11	Раздел 8. . Эксплуатационные характеристики СОТР.	20	5	5	15	8	Устный опрос студентов
6	11	Раздел 9. Тепловая отработка космических аппаратов.	19	4	4	15	10	Устный опрос студентов
6	11	Раздел 10. . Невакуумные испытания агрегатов систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.	19	4	4	15	7	Устный опрос студентов
6	11	Раздел 11. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима КА и определении характеристик СОТР.	19	4	4	15	10	Устный опрос студентов
Всего за 11 семестр			216	51	51	165	100	
Всего по дисциплине			216	51	51	165	100	