

2295

Министерство образования и науки Российской Федерации

БАЛТИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. УСТИНОВА

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор -  
проректор по образовательной  
деятельности

В.А.Бородавкин

20



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Измерительно-информационная техника при испытаниях**  
**высокотемпературных устройств**

(указывается наименование дисциплины в соответствии с ФГОС и учебным планом)

Направление/  
специальность подготовки

**12.04.01 Приборостроение**

(указывается индекс и наименование направления специальности)

Специализация/профиль/программа  
подготовки

**Измерительные информационные технологии**

Уровень высшего образования

магистратура

(бакалавриат магистратура специалитет)

Форма обучения

очная

Факультет

**А «Ракетно-космической техники»**

(указывается индекс и полное наименование факультета Университета, заказавшего программу)

Выпускающая кафедра

**А3 «Космические аппараты и двигатели»**

(указывается индекс и полное наименование выпускающей кафедры)

Кафедра-разработчик  
рабочей программы

**А3 «Космические аппараты и двигатели»**

(указывается индекс и полное наименование кафедры, составившей и реализующей программу)

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (ПО НАЛИЧИЮ ВИДОВ ЗАНЯТИЙ)												Вид промежуточного контроля	
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ						САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА						
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	АУДИТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ		ДРУГИЕ ВИДЫ ЗАНЯТИЙ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	РАСЧЁТНО-ГРАФ. РАБОТА	РЕФЕРАТ		ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ.РАБОТЫ
							ПРАКТИЧЕСК ИЕ ЗАНЯТИЯ	СЕМИНАРЫ								
5	9	3	108	51	-	-	51	-	-	57	-	-	-	-	-	Экз

Начальник отдела основных  
образовательных программ

« » 201

САНКТ – ПЕТЕРБУРГ  
201 г.

Ч.К.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

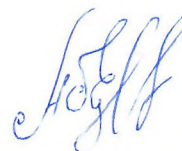
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО) 12.04.01 «Приборостроение»

Программу составили:  
кафедра АЗ – Космические аппараты и двигатели  
профессор, к.т.н., доцент



Белов В.П.

Эксперт:  
Начальник кафедры  
ВКА имени А.Ф. Можайского, д.т.н., доцент



Абдурахимов А.А.

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика рабочей программы АЗ – Космические летательные аппараты  
и двигатели

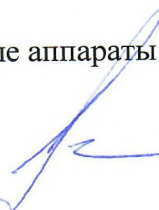
«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. Заведующий кафедрой, д.т.н., проф.



Бабук В.А.

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры АЗ – Космические летательные аппараты и двигатели

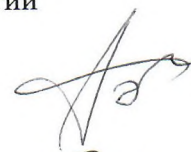
«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. Заведующий кафедрой, д.т.н., проф.



Бабук В.А.

Рабочая программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии по укрупненной  
группе направлений и специальностей подготовки (УМК по УГНиСП) 12.00.00 Фотоника,  
приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. Председатель УМК по УГНиСП, д.т.н., проф.



Борейшо А.С.

Учебная дисциплина обеспечена основной литературой  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. Директор библиотеки



Сесина Н.В.

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО.....	5
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ....	9
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

Приложение 1. Аннотация рабочей программы

Приложение 2. Технологии и формы преподавания

Приложение 3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Приложение 4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приложение 5. Фонды оценочных средств

Приложение 6. Справка о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова учебной литературы

Приложение 7. Лист изменений, вносимых в рабочую программу

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующей компетенции на уровнях:

### Профессионально-специализированных

ПК-01 способностью к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбор готового алгоритма решения задачи	Продвинутый уровень
---	---------------------

Формированию указанных компетенций служит достижение следующих результатов образования:

#### знания:

на уровне представлений: необходимость и обоснованность испытаний высокотемпературных установок (ПК-01)

на уровне понимания: принцип действия, выходные параметры и внутренние процессы в высокотемпературных установках различного назначения (ПК-01)

#### умения:

теоретические – анализ физических основ процессов, протекающих в высокотемпературных установках, и факторов влияния на характеристики этих процессов (ПК-01)

практические – разработка структурных схем информационно-измерительных систем, выбор измерительного и регистрирующего оборудования (ПК-01)

**навыки:** расчет и проектирование элементов экспериментальных установок, формулировка рекомендаций по совершенствованию высокотемпературных установок на основе анализа результатов испытаний (ПК-01).



## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Информационно-измерительная техника при испытаниях высокотемпературных установок» является дисциплиной вариативной части Блока 1 программы.

Содержание дисциплины является логическим продолжением и практическим воплощением содержания дисциплин: «Теплопередача», «Тепломассоперенос», «Устройство и функционирования КА» «Общая теория измерения», «Измерительные информационные системы», «Методы контроля при испытании элементов РКТ» и «Программное обеспечение измерительных процессов» (усвоены ранее на уровне бакалавриата) и служит основой для освоения дисциплины: «Преобразование измерительных сигналов» и выполнения УНИРС, курсового проекта, выпускной квалификационной работы.

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

(с распределением общего бюджета времени в часах)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	НОМЕРА РАЗДЕЛОВ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ В КОНТАКТНОЙ ФОРМЕ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	ФОРМИРУЕМАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ
					ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	Аудиторный ПРАКТИКУМ (СЕМИНАР)	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ		ПК-01
5	9	1	<b>Введение.</b> Высокотемпературные установки (ВТУ): понятие о ВТУ, классификация.	1	1	-	1	-	-	ВЕС 5%
5	9	2	<b>Общая характеристика ракетных двигателей. (РД).</b> Выходные параметры РД: тяга, полный импульс тяги, удельный импульс тяги, секундный массовый расход, коэффициент тяги, расходный комплекс. Потери удельного импульса тяги.	16	7	-	7	-	9	10%

5	9	3	<b>Жидкостные ракетные двигательные установки (ЖРДУ).</b> Принципиальная конструктивная схема ЖРДУ. Жидкие топлива: компоненты, классификация. Процессы в камере сгорания, полнота сгорания топлива, расчет размеров камеры. Системы подачи компонентов. Вытеснительная система подачи, расчет объема газовых аккумуляторов и массы газа вытеснения. Турбонасосная система подачи, расчет расхода газогенератора для турбонасосного агрегата.	12	6	-	6	-	6	10%
5	9	4	<b>Ракетные двигатели на твердом топливе.</b> Общая характеристика твердых ракетных топлив: состав и характеристика двухосновных и смесевых топлив. Процесс горения твердых топлив. Общее выражение для скорости горения. Факторы, влияющие на величину скорости горения. Заряды твердого топлива, расчет геометрических размеров зарядов различной формы. Стационарное давление, диаграмма давления. Воспламенение твердого топлива.	22	10	-	10	-	12	20%
5	9	5	<b>Тепловой режим работы РД.</b> Особенности конвективного и лучистого теплообмена в РД. Характер изменения суммарного теплового потока по тракту РД.	18	8	-	8	-	10	15%
5	9	6	<b>Методы тепловой защиты РД.</b> Общая характеристика методов. Расчет параметров внешнего конвективного охлаждения. Разлагающиеся теплозащитные покрытия. Эрозионностойкие покрытия.	8	4	-	4	-	4	5%
5	9	7	<b>Особенности испытаний РД.</b> Требования к испытаниям. Классификация испытаний. Общая характеристика испытаний для определения энергетических и тяговых характеристик, внутрибаллистических характеристик. Эксплуатационные испытания.	4	2	-	2	-	2	10%

5	9	8	Информационно-измерительные технологии при определении фактических характеристик РД. Измерение давлений: сравнительная характеристика датчиков давления, требования при измерениях в РД. Измерение тяги: сравнительная характеристика датчиков тяги, общая характеристика измерительных стендов, требования при измерениях тяги. Измерение полного и удельного импульсов тяги, потерь удельного импульса тяги. Измерение скорости горения твердого топлива. Сравнительная характеристика методов. Методы измерения в модельных двигателях: Методы с использованием установки постоянного давления. Метод определения закона скорости горения в установке постоянного объема.	20	10	-	10	-	10	15%
5	9	9	Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима работы РД. Методы оценки стойкости и работоспособности теплозащитных материалов (ТЗМ). Методы определения скорости и эффективной энтальпии разложения ТЗМ.	7	3	-	3	-	4	10%
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ				108	51	-	51	-	57	100 %

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1	1.Сравнительный анализ ВТУ	1
2	Раздел 2	2. Расчет основных параметров РД.	5
		3.Анализ влияния степени расширения сопла на основные параметры двигателя.	2
3	Раздел 3	4.Расчет основных параметров ЖРДУ	6
4	Раздел 4	5. Расчет внутрибаллистических характеристик. 6. Расчет диаграммы давления 7.Выдача домашнего задания 8.Геометрический расчет зарядов.	2 2 2 4
5	Раздел 5	9.Алгоритм расчета плотности конвективного теплового потока. Характер изменения суммарного теплового потока по тракту двигателя и во времени.	8
6	Раздел 6	10.Расчет теплозащитного покрытия	4

7	Раздел 7	11.Анализ условий проведения испытаний РД	2
8	Раздел 8	12.Анализ требований при измерении давления в камере РД. 13.Анализ экспериментальных диаграмм давления с обоснованием причин отклонения номинальных параметров. 14. Анализ требований при измерении тяги РД. 15.Сравнительный анализ методов экспериментального определения скорости горения твердого топлива.	2 4 2 2
9	Раздел 9	15. Анализ требований при измерении параметров разложения теплозащитного покрытия.	3
Итого:			51

### 3.4.Самостоятельная работа студента (СРС)

Номер раздела дисциплины	СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ЗАДАНИЯ	ВРЕМЯ, ЧАС. СРС
Раздел 2	Выполнение домашнего задания Подготовка к практическим занятиям.	3 6
Раздел 3	Выполнение домашнего задания Подготовка к практическим занятиям.	3 3
Раздел 4	Выполнение домашнего задания Подготовка к практическим занятиям.	3 9
Раздел 5	Подготовка к практическим занятиям.	10
Раздел 6	Подготовка к практическим занятиям.	4
Раздел 7	Подготовка к практическим занятиям.	2
Раздел 8	Подготовка к практическим занятиям.	10
Раздел 9	Подготовка к практическим занятиям.	4
Итого:		57

Списки, содержащие перечень домашних заданий, перечислены в Приложении 4.  
Варианты домашних заданий включены в состав УМК дисциплины.

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### ГРАФИК КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

СЕ- МЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9								ДЗ1						ДЗ2			

Условные обозначения

– ДЗ – домашнее задание;

**Текущая аттестация** студентов производится в дискретные временные интервалы преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине, в следующих формах:



- письменные домашние задания;
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача письменных домашних заданий.
- посещение лекций и практических занятий

**Рубежная аттестация** студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах

- домашнее задание;
- работа на практических занятиях

**Промежуточный контроль** по результатам семестра по дисциплине проходит в форме письменного экзамена, включающего в себя ответы на теоретические вопросы.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, позволяющие оценить результаты образования по данной дисциплине, помещены в состав УМК дисциплины и перечислены в Приложении 5.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Основная литература:**

- 1) Белов В.П. Расчет параметров и характеристик ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2013. – 47 с.
- 2) Ермолаев В.И. Двигательные установки космических летательных аппаратов: учебник / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. – 214 с.
- 3) Белов В.П. Скорость горения твердого ракетного топлива и методы её экспериментального определения: учебн. пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2008. 42с.
- 4) Белов В.П. Тепловое проектирование ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. – 43 с.
- 5) Белов В.П. Тепловая защита элементов конструкции ракетных двигателей на твердом топливе: учебн. пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2010. 51с.

### **5.2.Дополнительная литература:**

- 1) Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: Учебник / М.В. Добровольский; под. Ред. Д.А. Ягодникова, 3 изд. М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.461с.
- 2) Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твердом топливе / В.Т. Волков, Д.А. Ягодников – М.: Из-во МГУ им. Н.Э. Баумана, 2007.294 с.
- 3) Конструкция и отработка РДТТ, под редакцией А.М. Винницкого: М.: Машиностроение, 1989. 232 с.
- 4) Андреев Ю.С. Экспериментальное исследование двигателей летательных аппаратов. ЛМИ, 1979. 130 с.
- 5) Алемасов В.Е., Дрегаллин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. / Учебник. М.: Машиностроение, 1980. 536 с.

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

1) Источники 5.1.1. – 5.1.5. из списка основной литературы в электронных библиотеках БГТУ и кафедры АЗ

2) Электронные версии текстов лекций и материалов к практическим занятиям в электронной сети кафедры АЗ

3) ЭБС:

<http://library.voenmeh.ru/jirbis2>

<https://www.biblio-online.ru>

<https://e.lanbook.com>

<https://www.book.ru>

5.4. Программное обеспечение.

Не требуется

5.5. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса:

1) Применение средств мультимедиа в образовательном процессе: отдельные разделы лекций проводятся с использованием слайдов – иллюстраций

2) Доступность материалов через сеть Интернет

3) Возможность консультирования обучающихся преподавателем в любое время посредством сети Интернет: консультации, проверка индивидуальных заданий.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1. Практические занятия**

- 1) комплект электронных презентаций/слайдов,
- 2) аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер)
- 3) демонстрационные фрагменты конструкций ракетных двигателей, модельных установок для испытаний и средств измерения внутрибаллистических характеристик.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **«Информационно-измерительная техника при испытаниях высокотемпературных установок»** является дисциплиной вариативной части Блока 1 программы подготовки студентов по направлению подготовки 12.04.01 **«Приборостроение»** (магистерская программа **«Измерительные информационные технологии»**). Дисциплина реализуется на факультете «А» (Ракетно-космической техники) Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова кафедрой «А3» (Космические аппараты и двигатели).

Дисциплина нацелена на формирование профессионально-специализированной компетенции ПК-01 выпускника: способностью к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбор готового алгоритма решения задачи.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением типовых конструкций высокотемпературных устройств - конструкций ракетных двигателей (жидкостных – ЖРД, твердотопливных – РДТТ), основных процессов, протекающих в них, методов геометрического, прочностного и теплового проектирования элементов конструкций, подходов к обоснованию оптимальных параметров и конструкции для двигателя, выполняющего конкретную задачу в составе летательного аппарата

В дисциплине рассматриваются вопросы, связанные с особенностями испытаний двигателей, анализируются методы и методики экспериментального определения их выходных и внутрибаллистических параметров и характеристик, методы оценки работоспособности основных элементов конструкции и подходы, обеспечивающие контроль и диагностику параметров работающих двигателей. Особое внимание уделяется знакомству со средствами измерения фактических параметров двигателей: давления, тяговых характеристик, скорости горения твердых топлив, параметров, определяющих тепловое взаимодействие продуктов сгорания и стенок элементов конструкции и эффективности работы тепловой защиты.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия и самостоятельную работу студента. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме решения задач на практических занятиях, рубежный контроль в форме выполнения и сдачи домашних заданий и промежуточный контроль в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов. Программой дисциплины предусмотрены практические (51 час) и самостоятельную работу студента (57 часов).

## **ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ**

### **Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя**

#### **I. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

**Информационные технологии:** использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект, варианты домашнего задания, справочные материалы по теме решения задач на практических занятиях, размещенные в кафедральной электронной сети кафедры АЗ) при подготовке практическим занятиям; использование консультаций и проверки индивидуальных заданий в сети Интернет с помощью электронной почты.

**Работа в команде:** совместная работа студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности на практических занятиях № 2, 3, 4, 5, 6 и 8.

**Междисциплинарное обучение** – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи. На практических занятиях занятия № 2, 3, 4, 5, 6 и 9 – используются основные положения дисциплины «Тепломассоперенос» и дисциплины «Теплопередача». На занятиях №11, 12, 13, 14 и 15 используются основные положения дисциплин «Общая теория измерения», «Измерительные информационные системы» «Методы контроля при испытании элементов РКТ».

**Проблемное обучение** – стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

#### **II. Виды и содержание учебных занятий**

##### **Раздел 1. Введение.**

**Практические занятия – 1 час.**

**Занятие 1. Сравнительный анализ ВТУ**

**Управление самостоятельной работой студента – 0,1 часа.**

Опрос отдельных студентов с проверкой усвоения материала по теме занятий, ответы на вопросы студентов.

##### **Раздел 2. Общая характеристика ракетных двигателей.**

**Практические занятия – 7 часов.**

**Занятие 1, 2 и 3. Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме.**

Отрабатываемые вопросы – Расчет основных параметров РД.

**Занятие 4. Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме.**

Отрабатываемые вопросы – Анализ влияния степени расширения сопла на основные параметры двигателя.

**Управление самостоятельной работой студента – 0,5 часа.**

Опрос отдельных студентов с проверкой усвоения материала по теме занятий, ответы на вопросы студентов.

##### **Раздел 3. Жидкостные ракетные двигательные установки.**

**Практические занятия – 6 часов.**

**Занятие 5.** Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Расчет основных параметров ЖРДУ.

**Занятие 6.** Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Расчет размеров камеры.

**Занятие 7.** Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Расчет объемов топливных баков и аккумулятора давления

**Управление самостоятельной работой студента – 0,4 часа.**

Опрос отдельных студентов с проверкой усвоения материала по теме занятий.

#### **Раздел 4. Ракетные двигатели на твердом топливе.**

**Практические занятия – 10 часов.**

**Занятие 8.** Выдача домашнего задания Ответы на вопросы студентов.

**Занятие 9.** Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Расчет внутрибаллистических характеристик.

**Занятие 10.** Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Расчет диаграммы давления

**Занятие 11 - 12.** Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Геометрический расчет зарядов.

**Управление самостоятельной работой студента – 0,5 часа.**

Опрос отдельных студентов с проверкой усвоения материала по теме занятий.

#### **Раздел 5. Тепловой режим работы РД.**

**Практические занятия – 8 часов.**

**Занятие 13 - 14.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы - Алгоритм расчета плотности конвективного теплового потока.

**Занятие 15.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы - Характер изменения суммарного теплового потока по тракту двигателя и во времени.

**Занятие 16.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы - Характер изменения суммарного теплового потока во времени.

**Управление самостоятельной работой студента – 0,4 часа.**

Опрос отдельных студентов с проверкой усвоения материала по теме занятий.

#### **Раздел 6. Методы тепловой защиты РД.**

**Практические занятия – 4 часа.**

**Занятие 17.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Расчет внешнего конвективного охлаждения.

**Занятие 18.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы - Расчет теплозащитного покрытия.

**Управление самостоятельной работой студента – 0,2 часа.**

Опрос отдельных студентов с проверкой усвоения материала по теме занятий.

#### **Раздел 7. Особенности испытаний РД.**

**Практические занятия – 2 часа.**

**Занятие 19.**

Решение задач. Анализ условий проведения испытаний РД. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Требования к испытаниям. Классификация испытаний.

**Управление самостоятельной работой студента – 0,1 часа.**

Опрос отдельных студентов с проверкой усвоения материала по теме занятий.

**Раздел 8. Информационно-измерительные технологии при определении фактических характеристик РД.**

**Практические занятия – 10 часов.**

**Занятие 20.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Анализ требований при измерении давления в камере РД.

**Занятие 21-22.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Анализ экспериментальных диаграмм давления с обоснованием причин отклонения номинальных параметров.

**Занятие 23.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Анализ требований при измерении тяги РД.

**Занятие 24.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Сравнительный анализ методов экспериментального определения скорости горения твердого топлива.

**Управление самостоятельной работой студента – 0,8 часа.**

Опрос отдельных студентов с проверкой усвоения материала по теме занятий.

**Раздел 9. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима работы РД**

**Практические занятия – 3 часа.**

**Занятие 25.**

Решение задач. Анализ результатов. Ответы на вопросы студентов по теме. Отрабатываемые вопросы – Анализ требований при измерении параметров разложения теплозащитного покрытия. Сдача зачета.

**Управление самостоятельной работой студента – 0,2 часа.**

Опрос отдельных студентов с проверкой усвоения материала по теме занятий.



## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудовое освоение дисциплины составляет 108 часов, из них 51 часа аудиторных занятий и 57 часов, отведенных на самостоятельную работу студента. Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице. Формы контроля и критерии оценивания приведены в п.4 Рабочей программы и в Приложении 5 к Рабочей программе.

Вид работы	Содержание (перечень вопросов)	Трудовое, час.	Рекомендации
<b>Раздел 2. Общая характеристика ракетных двигателей.</b>			
Подготовка к практическим занятиям №1,2,3,4	Изучение вопросов: Расчет основных параметров РД, анализ влияния степени расширения сопла на основные параметры двигателя.	9	Ермолаев В.И. Двигательные установки космических летательных аппаратов: учебник / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб. 2016. Разделы 1.2. и 1.3. Белов В.П. Расчет параметров и характеристик ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2013. Разделы 1.1-1.3
<b>Раздел 3. Ракетные двигатели на жидком топливе</b>			
Подготовка к практическим занятиям №5,6 и 7	Изучение вопросов: Расчет основных параметров ЖРДУ, расчет размеров камер, объемов топливных баков и аккумулятора давления.	6	Белов В.П. Расчет параметров и характеристик ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2013. Раздел 3.2. Ермолаев В.И. Двигательные установки космических летательных аппаратов: учебник / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб. 2016. Разделы 3.1. и 3.3.
<b>Раздел 4. Ракетные двигатели на твердом топливе.</b>			
Подготовка к практическому занятию №8	Выдача домашнего задания	2	Белов В.П. Расчет параметров и характеристик ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2013. Раздел 2.1. Белов В.П. Тепловое проектирование ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. Раздел 3.1.
Подготовка к практическим занятиям №9, 10, 11 и 12	Изучение вопросов: Расчет внутрибаллистических характеристик, расчет диаграммы давления, геометрический расчет зарядов.	10	Белов В.П. Расчет параметров и характеристик ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2013. Разделы 2.1 и 3.1. Белов В.П. Тепловое проектирование ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. Раздел 3.1.

			Белов В.П. Скорость горения твердого ракетного топлива и методы её экспериментального определения: учебн. пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб. 2008. Разделы 2 и 3.
Итого по разделу 4		12 часов	
<b>Раздел 5. Тепловой режим работы РД.</b>			
Подготовка к практическим занятиям №13,14,15 и 16	Изучение вопросов. Алгоритм расчета плотности конвективного теплового потока. Характер изменения суммарного теплового потока по тракту двигателя и во времени.	10	Белов В.П. Тепловое проектирование ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. Раздел 4.
<b>Раздел 6. Методы тепловой защиты РД</b>			
Подготовка к практическим занятиям № 17 и 18	Изучение вопросов. Расчет внешнего конвективного охлаждения. Расчет теплозащитного покрытия.	4	Белов В.П. Тепловое проектирование ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. Разделы 4 и 6. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. / Учебник. М.: Машиностроение, 1980. Глава 22.
<b>Раздел 7. Особенности испытаний РД.</b>			
Подготовка к практическому занятию №19	Изучение вопросов. Требования к испытаниям. Классификация испытаний.	2	Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твердом топливе / В.Т. Волков, Д.А. Ягодников – М.: Из-во МГУ им. Н.Э. Баумана, 2007, гл. 4.1
<b>Раздел 8. Информационно-измерительные технологии при определении фактических характеристик РД.</b>			
Подготовка к практическим занятиям № 20,21,22,23,24	Изучение вопросов: Анализ требований при измерении давления в камере РД. Анализ экспериментальных диаграмм давления с обоснованием причин отклонения номинальных параметров. Анализ требований при измерении тяги РД. Сравнительный анализ методов экспериментального определения скорости горения твердого топлива. Знакомство с принципом действия и устройством элементов преобразования и регистрации измерительных сигналов. Знакомство с принципом действия и устройством датчиков давления и тяги и проведение их тарировки.	10	Ю.С. Андреев Экспериментальное исследование двигателей летательных аппаратов. ЛМИ, 1979 Разделы 1.2-1.5 Белов В.П. Скорость горения твердого ракетного топлива и методы её экспериментального определения: учебн. пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб. 2008. Раздел 4. Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твердом топливе / В.Т. Волков, Д.А. Ягодников – М.: Из-во МГУ им. Н.Э. Баумана, 2007, гл. 5.2 и 5.3.
<b>Раздел 9. Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима работы РД</b>			
Подготовка к практическим занятиям № 25 и 26	Анализ требований при измерении параметров разложения теплозащитного покрытия. Сдача зачета.	4	Белов В.П. Тепловая защита элементов конструкции ракетных двигателей на твердом топливе: учебн. пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2010. Раздел 14
Итого		57	

### Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам конкретного занятия. Знакомство с алгоритмами решения задач, просмотр рекомендуемой литературы. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. При изучении материала обращать особое внимание на связь структуры информационно-измерительной системы с параметрами объекта контроля или исследования (высокотемпературной установки). При выборе элементов системы (средств измерения, преобразования и регистрации) учитывать не только фактические параметры объекта, но и возможное влияние на них различных внешних факторов.
Домашнее задание	Анализ темы задания и исходных данных. Работа с материалами, рассмотренными на практических занятиях, и с рекомендуемой методической литературой. Составление алгоритмов решения. Численные решения. Анализ результатов и выводы.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

### ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЗАДАНИЙ (по видам СРС)

#### Перечень домашних заданий:

Домашнее задание, посвященное расчету параметров двигательной установки, выполняется каждым студентом по индивидуальному варианту. Требования по содержанию и оформлению домашнего задания и варианты заданий изложены в методическом пособии «Белов В.П. Расчет параметров и характеристик ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб. 2013», имеющимся в достаточном количестве в библиотеке университета и расположенным в кафедральной электронной библиотеке. Пособие содержит все справочные материалы, необходимые для выполнения задания.

Темы заданий включают следующие двигательные установки, выполняющие различные задачи в составе космических аппаратов:

1. Двигатели ступеней ракетносителей.
  2. Маршевые ДУ.
  3. ДУ маневрирования космического аппарата.
  4. Тормозные двигатели спускаемых аппаратов и капсул.
  5. ДУ аварийного увода космического аппарата с рабочей орбиты.
  6. Двигатели коррекции орбиты космического аппарата.
  7. Двигатели стабилизации космического аппарата.
  8. Двигатели мягкой посадки спускаемых аппаратов и капсул.
- Общее количество вариантов задания – более 40.

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	НОМЕРА РАЗДЕЛОВ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ	ВСЕГО	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ В КОНТАКТНОЙ ФОРМЕ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ	ФОРМИРУЕМАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
					ВСЕГО	Лекции	Аудиторный ПРАКТИКУМ (СЕМИНАР)	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ		ПК-01		
5	9	1	Введение.	1	1	-	1	-	-	ВЕС 5%		ВОПР К ЭКЗ
5	9	2	Общая характеристика ракетных двигателей. (РД).	16	7	-	7	-	9	10%		ДЗ
5	9	3	Жидкостные ракетные двигательные установки (ЖРДУ).	12	6	-	6	-	6	10%		ДЗ
5	9	4	Ракетные двигатели на твердом топливе.	22	10	-	10	-	12	20%		ДЗ
5	9	5	Тепловой режим работы РД.	18	8	-	8	-	10	15%		ВОПР К ЭКЗ
5	9	6	Методы тепловой защиты РД.	8	4	-	4	-	4	5%		ВОПР К ЭКЗ
5	9	7	Особенности испытаний РД.	4	2	-	2	-	2	10%		ВОПР К ЭКЗ
5	9	8	Информационно-измерительные технологии при определении фактических характеристик РД.	20	10	-	10	-	10	15%		ВОПР К ЭКЗ
5	9	9	Информационно-измерительные технологии при оценке теплового режима работы РД.	7	3	-	3	-	4	10%		ВОПР К ЭКЗ
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ				108	51	-	51	-	57	100 %		

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

- письменное домашнее задание

- сдача экзамена
- **Критерии оценивания**

### **Домашнее задание**

Решения домашнего задания представляются в печатной или рукописной форме. Каждое домашнее задание содержит 2 задачи.

Критерии оценивания:

- правильное решение обеих задач – 0,8 балла,
- качественное оформление с выполнением всех требований – 0,2 балла.

Основаниями для снижения количества баллов за одну задачу в диапазоне от 0,1 до 0,2 являются:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения в расчетах и на графиках).

Задание не может быть принято и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов и необходимого графического материала,
- ошибок в проведенных расчетах.

### **Экзамен**

Экзаменационные билеты содержат два вопроса. Один из них - 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.

Оценка за экзамен:

«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

## СПРАВКА

**о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им.Д.Ф.Устинова учебной литературы**

1. Наименование дисциплины: **«Информационно-измерительная техника при испытаниях высокотемпературных установок»**

2. Кафедра: **А3 «Космические аппараты и двигатели»**

3. **Перечень основной учебной литературы:**

- 1) Белов В.П. Расчет параметров и характеристик ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2013. – 47 с. 100 экз.
- 2) Ермолаев В.И. Двигательные установки космических летательных аппаратов: учебник / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. – 214 с. 250 экз.
- 3) Белов В.П. Скорость горения твердого ракетного топлива и методы её экспериментального определения: учебн. пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2008. 42с. 100 экз.
- 4) Белов В.П. Тепловое проектирование ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. – 43 с. 100 экз.
- 5) Белов В.П. Тепловая защита элементов конструкции ракетных двигателей на твердом топливе: учебн. пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2010. 51с. 100 экз.

2. **Перечень дополнительной литературы:**

- 1) Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: Учебник / М.В. Добровольский; под. Ред. Д.А. Ягодникова, 3 изд. М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 461с. 30 экз.
- 2) Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твердом топливе / В.Т. Волков, Д.А. Ягодников – М.: Из-во МГУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 294 с. 3 экз.
- 3) Конструкция и отработка РДТТ, под редакцией А.М. Винницкого: М.: Машиностроение, 1989. - 230с. 10 экз.
- 4) Ю.С. Андреев Экспериментальное исследование двигателей летательных аппаратов. ЛМИ, 1979. - 130с. 20 экз.
- 5) Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. / Учебник. М.: Машиностроение, 1980. 536 с. 10 экз.

Директор библиотеки



(Сесина Н.В.)



**Приложение 7**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Информационно-измерительная техника**  
**при испытаниях высокотемпературных установок»**

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ**

на 2017 / 2018 учебный год изменений в рабочей программе нет

Все изменения рабочей программы рассмотрены и одобрены на заседании кафедры АЗ (кафедра-разработчик и выпускающая)

Заведующий кафедрой



В.А. Бабук

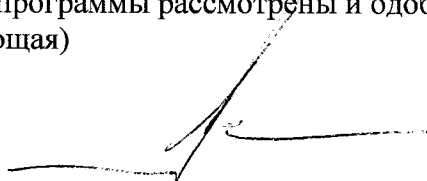
**Приложение 7**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Информационно-измерительная техника**  
**при испытаниях высокотемпературных установок»**

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ**

на 2018 / 2019 учебный год изменений в рабочей программе нет

Все изменения рабочей программы рассмотрены и одобрены на заседании кафедры АЗ (кафедра-разработчик и выпускающая)

Заведующий кафедрой



В.А. Бабук