

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

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

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Савченко Григорий Борисович, старший преподаватель

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ**

## **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:

ПК-4 — Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-4**

*знания:*

- основные понятия теории тепломассообмена и пограничного слоя, основные подходы к построению моделей для описания процессов тепломассообмена в ракетных двигателях;
- методы расчёта тепломассообмена в ракетных двигателях;

*умения:*

Пользоваться современными вычислительными пакетами для проведения компьютерных вычислений процессов тепломассообмена в ракетных двигателях;

*навыки:*

Постановки исследовательских задач, планированием и проведением вычислений, анализом и обобщением результатов моделирования процессов тепломассообмена в ракетных двигателях.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, РАСЧЁТ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ, ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДВИГАТЕЛИ ДВУХСРЕДНЫХ АППАРАТОВ, ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДУ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ВРД**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментальные исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ОПК-6 — Способен осуществлять критический анализ научных достижений в области авиационной и ракетно-космической техники
- ПК-4 — Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов
- ПК-5 — Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов

### 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		ПК-4
4	7	<b>Раздел 1. Особенности теплообмена в ЖРД, ВРД и РДТТ.</b> Факторы, влияющие на теплообмен в РД. Теплоотдача при больших скоростях потока. Теплоотдача в разреженных газах. Теплоотдача в химически реагирующих потоках. Гидродинамика и теплообмен в каналах рубашки охлаждения.	36	17	10	7	19	25
4	7	<b>Раздел 2. Теплообмен в ЖРД.</b> Расчет конвективного теплообмена в ЖРД. Лучистый теплообмен в камере ЖРД. Теплозащита стенок камеры сгорания ЖРД. Поверочный расчет охлаждения камеры ЖРД.	36	17	8	9	19	25
4	7	<b>Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.</b> Течение газа в канале заряда твердого топлива. Газодинамические процессы в РДТТ. Нестационарный теплообмен в РДТТ. Радиационный теплообмен в РДТТ. Взаимодействие газовых потоков с конструкционными материалами в РДТТ. Теплофизические характеристики материалов в РДТТ. Тепловая защита в РДТТ, расчет тепловой защиты.	36	17	8	9	19	25
4	7	<b>Раздел 4. Теплообмен в ВРД.</b> Термогазодинамический расчет ТРД, ТРДФ, ТРДД.	36	17	8	9	19	25
<b>Всего за 7 семестр</b>			144	68	34	34	76	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	68	34	34	76	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Особенности теплообмена в ЖРД, ВРД и РДТТ.	Теплоотдача в высокотемпературных проточных устройствах типа КС и ГГ.	7
2	Раздел 2. Теплообмен в ЖРД.	Тепловой расчет камеры сгорания ЖРД	9
3	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.	Тепловой расчет камеры РДТТ.	9
4	Раздел 4. Теплообмен в ВРД.	Тепловой расчет камеры ВРД.	9
<b>Всего за 7 семестр</b>			34

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Особенности теплообмена в ЖРД, ВРД и РДТТ.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	19
2	Раздел 2. Теплообмен в ЖРД.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Выполнение расчетно-графической работы.	19
3	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Выполнение расчетно-графической работы.	19
4	Раздел 4. Теплообмен в ВРД.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Выполнение расчетно-графической работы.	19
<b>Всего за 7 семестр</b>			76

### 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
7					ТекК	ДР			РГР, ТекК	ДР			РГР		ТекК	ДР	РГР, Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- РГР – расчетно-графическая работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Шишков, С. Д. Панин, Б. В. Румянцев. . Рабочие процессы в ракетных двигателях твёрдого топлива. М.: Машиностроение, 1989, 16 экз.
2. А. М. Губертов, В. В. Миронов, Д. М. Борисов. . Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твёрдого топлива. М.: Машиностроение, 2004, 9 экз.
3. Б. В. Обносков, В. А. Сорокин, Л. С. Яновский. . Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012, эл. рес.
4. Б. Т. Ерохин. Теория и проектирование ракетных двигателей. СПб.: Лань, 2015, эл. рес.
5. В. А. Григорьев, Д. С. Калабухов, В. С. Захарченко. . Основы теории, расчёта и проектирования воздушно-реактивных двигателей . Самара: СамГУ, 2021, эл. рес.
6. В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. М.: Машиностроение, 2017, эл. рес.
7. В. М. Акимов, В. И. Бакулев, Р. И. Курзинер. . Теория и расчёт воздушно-реактивных двигателей. М.: Машиностроение, 1987, 15 экз.
8. Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989, 24 экз.
9. И. Х. Фахрутдинов, А. В. Котельников. . Конструкция и проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива. М.: Машиностроение, 1987, 38 экз.
10. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.
11. Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
12. Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 26 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Г. Н. Абрамович. Прикладная газовая динамика. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Двигатель;
2. Естественные и технические науки.

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

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

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.



#### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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

### **6.1. Лекционные занятия:**

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

### **6.2. Практические занятия:**

1. Интерактивная доска.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-4 Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с приобретением навыков и умений по математическому моделированию тепловых и газодинамических процессов в ракетных двигателях, формирование научно-технического мировоззрения на основе знания особенностей сложных технических систем, воспитание технической культуры.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 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. Особенности теплообмена в ЖРД, ВРД и РДТТ.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	Г. Н. Абрамович. Прикладная газовая динамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (1-19) В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: М.: Машиностроение, 2017 (6-8) И. Х. Фахрутдинов, А. В. Котельников. . Конструкция и проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива: М.: Машиностроение, 1987 (8-10) Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1-6) М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (15-19) Б. Т. Ерохин. Теория и проектирование ракетных двигателей: СПб.: Лань, 2015 (10-14) Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1-6)	19
Итого по разделу 1		19
<b>Раздел 2. Теплообмен в ЖРД.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Выполнение расчетно-графической работы.	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (8-16) Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (8-16) Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1-8)	19
Итого по разделу 2		19
<b>Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой	И. Х. Фахрутдинов, А. В. Котельников. . Конструкция и проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива: М.: Машиностроение, 1987 (1-14)	19

литературе. Выполнение расчетно-графической работы.	А. М. Губертов, В. В. Миронов, Д. М. Борисов. . Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твёрдого топлива: М.: Машиностроение, 2004 (1-16) А. А. Шишков, С. Д. Панин, Б. В. Румянцев. . Рабочие процессы в ракетных двигателях твёрдого топлива: М.: Машиностроение, 1989 (7-24) Б. В. Обносов, В. А. Сорокин, Л. С. Яновский. . Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012 (1-10)	
Итого по разделу 3		19
<b>Раздел 4. Теплообмен в ВРД.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Выполнение расчетно-графической работы.	В. А. Григорьев, Д. С. Калабухов, В. С. Захарченко. . Основы теории, расчёта и проектирования воздушно-реактивных двигателей : Самара: СамГУ, 2021 (14-20) В. М. Акимов, В. И. Бакулев, Р. И. Курзинер. . Теория и расчёт воздушно-реактивных двигателей: М.: Машиностроение, 1987 (12-20)	19
Итого по разделу 4		19

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к экзамену;
- .

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы для текущего контроля

Вопросы по разделу предназначены для контроля текущей успеваемости студентов и их самоконтроля.

Перечень вопросов по разделу представлен в УМК дисциплины.

#### Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа представляет собой расчет высокотемпературного устройства (камеры сгорания ЖРД, РДТТ, ВРД) в соответствии с индивидуальным заданием.

Требования к оформлению - по ГОСТ 7.32-2017.

Защита работы проходит в форме ответов на вопросы преподавателя. Критерием выполнения работы является достоверность расчета и правильные ответы на более, чем 80% вопросов преподавателя по содержанию работы.

#### Вопросы к экзамену

Вопросы к экзамену охватывают весь курс в соответствии с программой и представлены в УМК дисциплины.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие программу практических занятий (три расчетно-графических работы).

Экзамен предполагает ответы студента на теоретические вопросы, которые утверждаются на заседании кафедры ежегодно перед сессией.

Итоговая оценка получается на основе правильности и полноты ответа на теоретические вопросы.

"Отлично" - полнота ответа по теоретическим вопросам не менее 80%

"Хорошо" - полнота ответа по теоретическим вопросам 60-80%

"Удовлетворительно" - полнота ответа по теоретическим вопросам 50-60%

"Неудовлетворительно" может быть поставлено при невыполнении РГР; при отсутствии ответов на теоретические вопросы; а также если полнота ответов по теоретическим вопросам составляет менее 50%.

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		ПК-4	
4	7	Раздел 1. Особенности теплообмена в ЖРД, ВРД и РДТТ.	36	17	10	7	19	25	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 2. Теплообмен в ЖРД.	36	17	8	9	19	25	Вопросы для текущего контроля, Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.	36	17	8	9	19	25	Вопросы для текущего контроля, Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 4. Теплообмен в ВРД.	36	17	8	9	19	25	Вопросы для текущего контроля, Расчетно-графическая работа, Вопросы к экзамену
Всего за 7 семестр			144	68	34	34	76	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

**ПК-4 - Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что описывает данное уравнение

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 T$$

- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Перечислить условия однозначности для решения задач теплообмена
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Градиент температуры - это:

1. вектор, направленный в сторону увеличения температуры и численно равный отношению изменения температуры к расстоянию, на котором это изменение произошло
2. скаляр, численно равный отношению изменения температуры к расстоянию, на котором это изменение произошло
3. характеристика скалярного температурного поля, показывающая интенсивность изменения температуры в пространстве
4. вектор, направленный в сторону уменьшения температуры и численно равный отношению изменения температуры к расстоянию, на котором это изменение произошло
5. скаляр, численно равный разности температур между двумя изотермическими поверхностями

- № 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Теплоизлучение - это:

1. сложный вид теплообмена, состоящий из излучения, распространения и поглощения электромагнитных волн
2. простой вид теплообмена, состоящий из излучения, распространения и поглощения электромагнитных волн
3. вид теплообмена посредством электромагнитных волн в диапазоне от 0,4 до 40 мкм
4. вид теплообмена посредством электромагнитных волн в диапазоне от 0,004 до 0,04 мкм
5. вид теплообмена, при котором обмен тепловой энергии возможен через пустоту (вакуум)

- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установить соответствие критериев

1. Нуссельта: А

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda_{жс}}$$

2. Рейнольдса. Б

$$Re = \frac{wl}{\nu} = \frac{\rho wl}{\mu}$$



3. В  
Грассгофа.

$$Gr = \beta \frac{gl^3}{\nu^2} \Delta T$$

4. Г  
Фурье

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2}$$

Д

$$Pr = \frac{\nu}{a} = \frac{\mu C_p}{\lambda}$$

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Какой закон изменения температуры в соответствующих стенках?

- |   |                |                   |
|---|----------------|-------------------|
| 1 | Плоская        | А линейный        |
| 2 | Цилиндрическая | Б логарифмический |
| 3 | Сферическая    | В гиперболический |
| 4 |                | Г параболический  |

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Порядок (алгоритм) расчета конвективного теплообмена.

1. Определить особенности обтекания поверхности (свободное/полусвободное/в ограниченном объеме; продольное/поперечное)
2. Определить режим течения (ламинарный/турбулентный)
3. Определить физические граничные условия (параметры среды и стенки)
4. По справочнику найти вид конвективного уравнения, соответствующего обтеканию геометрически подобного тела – с учетом режима конвекции (естественная/вынужденная/смешанная)
5. Найти определяемый критерий
6. Через уравнение Ньютона-Рихмана найти температурный напор, либо интенсивность теплообмена.

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Определение критериального уравнения проводится в следующей последовательности:

1. Определяются коэффициенты критериального уравнения
2. Задаётся вид критериального уравнения
3. Определяются критерии, между которыми надо установить зависимость
4. Планируется и ставится модельный эксперимент в некотором диапазоне параметров

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Уравнение Фурье это:

1 
$$\bar{q} = -\lambda \cdot \text{grad} T$$

2 
$$\bar{q} = \lambda \cdot \text{grad} T$$

3

$$\bar{q} = -\lambda \cdot F \operatorname{grad} T$$

4

$$Fo = \frac{a \tau}{l^2}$$

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие виды теплообмена протекают в газовых и жидких средах?

- 1) Конвекция,
- 2) Конвекция, теплопроводность
- 3) Конвекция, излучение,
- 4) Конвекция, излучение, теплопроводность

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

От каких факторов зависит теплопроводность твердых веществ?

1. Химический состав
2. Температура, химический состав
3. Температура
4. Градиент температуры

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Теплоизлучение - это:

1. сложный вид теплообмена, состоящий из излучения, распространения и поглощения электромагнитных волн
2. простой вид теплообмена, состоящий из излучения, распространения и поглощения электромагнитных волн
3. вид теплообмена посредством электромагнитных волн в диапазоне от 0,4 до 40 мкм
4. вид теплообмена посредством электромагнитных волн в диапазоне от 0,004 до 0,04 мкм
5. вид теплообмена, при котором обмен тепловой энергии возможен через пустоту (вакуум)