


УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

 Юнаков Л. П.  
(подпись) ФИО  
« 31 » 05 20 22

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ

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-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	ЭКЗ.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

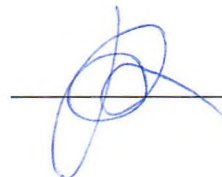
### 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ

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

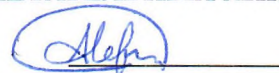


Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

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

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



Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

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



# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ**

### **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:

ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментальные исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-1**

*знания:*

-подбор реактивов и оборудования;

-рациональное использование времени, средств, методов и приемов в процессе выполнения работы;;

*умения:*

-сборка приборов и установок из готовых деталей, узлов;;

*навыки:*

- описание наблюдаемых явлений и процессов;

- анализ результатов эксперимента;

- установление причинно-следственных связей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ХИМИЯ, ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1
3	6	<b>Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложении к химическим процессам.</b> 1.1. Нулевой закон термодинамики. Первый закон термодинамики (закон Гесса). Тепловой эффект реакции. Энтальпия. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Системы отсчета энтальпии. Теплоемкость. 1.2. Второй закон термодинамики, энтропия. Изменение энтропии и энтальпии в термодинамических процессах. 1.3. Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нерста.	24	16	8	8	8	20
3	6	<b>Раздел 2. Характеристические функции.</b> 2.1. Характеристические функции – определение. Внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, изобарно-изотермический потенциал – как характеристические функции различных термодинамических процессах. 2.2. Уравнения Максвелла. Химический потенциал.	18	12	4	8	6	20
3	6	<b>Раздел 3. Скорость химической реакции.</b> 3.1. Определение скорости химической реакции. Порядок реакции. Константа скорости реакции Закон Аррениуса. Энергия активации. 3.2. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Характеристический интервал температуры. Скорость химической реакции как число активных соударений между частицами.	23	13	4	9	10	20
3	6	<b>Раздел 4. Элементы теории горения.</b> 4.1. Горение как совокупность физических и химических процессов. 4.2. Воспламенение смеси. Тепловое воспламенение. Цепное воспламенение. Период индукции, Вынужденное воспламенение. 4.3. Распространение пламени в газовых смесях. Тепловая теория распространения ламинарного пламени. Нормальная скорость распространения пламени. Турбулентное горение. Отвод тепла из зоны горения. Предельная скорость распространения пламени. 4.4. Гетерогенное горение. Общие закономерности гетерогенного горения. Диффузионная и кинетическая области горения. Горение одиночной капли жидкого горючего в среде окислителя. Горение углеродной частицы в потоке окислителя.	20	14	14	0	6	20
3	6	<b>Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений.</b> 5.1. Направление протекания процессов и термодинамические условия равновесия. Критерии равновесия и самопроизвольности процессов. Виды равновесия. Механическая интерпретация. 5.2. Фазовое равновесие. Правило фаз Гиббса. 5.3. Химическое равновесие. Общие условия химического равновесия. Эквивалентная химическая формула термодинамической системы. Определение температуры ТДС при $P, T = \text{const}$ . Определение температуры ТДС при условии химического равновесия.	23	13	4	9	10	20
Всего за 6 семестр			108	68	34	34	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложении к химическим процессам.	Тепловой эффект реакции. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Системы отсчета энтальпии.	8
2	Раздел 2. Характеристические функции.	Внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, изобарно-изотермический потенциал – как характеристические функции в различных термодинамических процессах.	8
3	Раздел 3. Скорость химической реакции.	Скорость химической реакции как число активных соударений между частицами.	9
4	Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений.	Определение равновесного химического состава и температуры ТДС при заданных давлениях и исходному химическому составу системы (термодинамический расчет).	9
Всего за 6 семестр			34

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов

1	Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложении к химическим процессам.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	4
2		Проработка материалов практических занятий	4
3	Раздел 2. Характеристические функции.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
4		Проработка материалов практических занятий	3
5	Раздел 3. Скорость химической реакции.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	5
6		Проработка материалов практических занятий	5
7	Раздел 4. Элементы теории горения.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
8	Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	5
9		Проработка материалов практических занятий.	5
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>40</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
6				Отч. по ПЗ		ДР			Отч. по ПЗ	ДР						ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- 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. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 42 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
4. <https://urait.ru/book/himicheskaya-kinetika-495836> — Химическая кинетика — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
5. <https://urait.ru/book/statisticheskaya-fizika-i-termodinamika-492840> — Статистическая физика и термодинамика — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

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

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

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



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

### **6.1. Лекционные занятия:**

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

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор.

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

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 способность применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментальные исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением основных положений теории горения и взрыва и химической термодинамики.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложении к химическим процессам.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1)	4
Проработка материалов практических занятий		4
Итого по разделу 1		8
Раздел 2. Характеристические функции.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1)	3
Проработка материалов практических занятий		3
Итого по разделу 2		6
Раздел 3. Скорость химической реакции.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1)	5
Проработка материалов практических занятий		5
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Элементы теории горения.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2)	6
Итого по разделу 4		6
Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Левихин, А. М. Кузьмин. . Теория горения и химическая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)	5
Проработка материалов практических занятий.		5
Итого по разделу 5		10

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

#### Отчет по практическому заданию

Оценивается полнота и качество оформления отчета о практической работе, верность алгоритма и полученных результатов, способность их объяснить.

Работа считается сданной, если отчет не содержит ошибок или содержит незначительные ошибки, не влияющие на качество достигнутого результата, так же во время сдачи отчета, студенту могут быть заданы вопросы по теме практического задания (не более 3).

#### Вопросы к экзамену

Расположены в УМК дисциплины.

#### Экзамен

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Для получения оценки «удовлетворительно» экзамен проводится в форме выполнения теста, содержащего 20 вопросов. Оценка «удовлетворительно» выставляется при наличии не менее 50% правильных ответов.

Для получения оценки "хорошо" и "отлично" экзамен проводится в форме письменных ответов на три экзаменационных вопроса и считается сданным при ответе на все три вопроса:

оценка «хорошо» - не менее 80% правильных ответов на каждый вопрос;

оценка «отлично» - не менее 90% правильных ответов на каждый вопрос, и дополнительные вопросы по курсу.

Вопросы теста представлены в УМК дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1	
3	6	Раздел 1. Введение. Основные законы термодинамики в приложении к химическим процессам.	24	16	8	8	8	20	Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 2. Характеристические функции.	18	12	4	8	6	20	Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 3. Скорость химической реакции.	23	13	4	9	10	20	Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 4. Элементы теории горения.	20	14	14	0	6	20	Вопросы к экзамену
3	6	Раздел 5. Равновесие термодинамических систем при наличии фазовых и химических превращений.	23	13	4	9	10	20	Отчет по практическому заданию
Всего за 6 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	