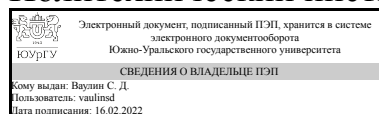


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



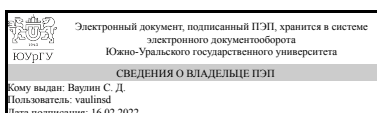
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.04 Химическая кинетика и теория горения ракетных топлив  
для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
уровень Специалитет  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

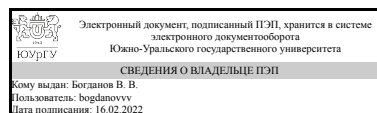
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 979

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



С. Д. Ваулин

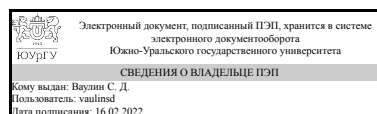
Разработчик программы,  
старший преподаватель



В. В. Богданов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель специальности  
д.техн.н., проф.



С. Д. Ваулин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков в области проектирования жидкостных ракетных двигателей. Задачи дисциплины: - представление обучающимся сведений, являющихся базовыми при изучении дисциплин специализации; - формирование у обучающихся представления о физической, химической и термодинамической природе протекающих в камере сгорания ракетных двигателей и газогенераторов процессов; - выработка у обучающихся навыков определения состава и свойств рабочего тела (продуктов сгорания) ракетных двигателей на основе принципа подвижного равновесия с использованием современных средств ЭВМ; - предоставление обучающимся сведений об энергетических, эксплуатационных, конструкционных, экономических и экологических свойствах наиболее распространённых и перспективных ракетных топлив, в том числе об их степени токсичности и влиянии на организм человека и окружающую среду.

### Краткое содержание дисциплины

Вводная лекция по химической кинетике Источники энергии и рабочие тела ракетных двигателей. Химическая кинетика как раздел физической химии. Теоретические методы определения скорости химической реакции. Зависимость скорости реакции от температуры, давления и рода реагирующих веществ. Молекулярность и порядок химических реакций. Изменение скорости и концентраций во времени химических реакций, время полураспада. Энергия активации, её физический смысл, методы определения энергии активации и констант изотермических реакций. Равновесие обратимых химических реакций Константы равновесия, выраженные через концентрации и через парциальные давления. Уравнение Вант-Гоффа и равновесие экзотермических и эндотермических реакций. Особенности протекания цепных химических реакций. Неизотермические химические реакции: самовоспламенение простых химических реакций температура самовоспламенения. Время индукции. Развитие цепных реакций во времени, самовоспламенение таких реакций. Элементы теории горения, понятие о кинетическом и диффузионном горении. Понятие о кривой выгорания на основе одномерной модели. Теоретическое определение нормальной скорости распространения пламени в ламинарном потоке. Экспериментальные методы определения нормальной скорости Распространение пламени в турбулентных потоках при различной степени турбулентности. Особенности гомогенного диффузионного пламени. Структура диффузионного факела Понятие о детонационном горении. Вводная лекция по теории горения ракетных топлив Элементный состав компонентов топлив и топлив. Стехиометрическое соотношение компонентов Определение стехиометрического соотношения для топливных пар разного состава Понятие о полной энтальпии индивидуальных веществ, системы отсчёта. Полная энтальпия смесей, растворов, компонентов топлива и топлива. Стандартная энтальпия и приведение её к условиям входа в камеру. Расчёт параметров продуктов сгорания (П.С.) известного состава Система уравнений для определения равновесных температуры и состава П.С. при заданных температуре и давлении. Алгоритм определения равновесного состава и температуры гомогенных продуктов сгорания в камере и на срезе сопла. Методы решения системы уравнений для определения состава продуктов сгорания Решение системы уравнений так

называемым «точным» способом. Блок-схема программы для определения парциальных давлений в камере. Блок-схема программы для определения парциальных давлений на срезе сопла. Общая блок-схема программы термодинамического расчёта камеры. Особенности составления системы уравнений для определения состава гетерогенных продуктов сгорания. Особенности термодинамического расчёта при  $\alpha \ll 1$ . Особенности термодинамического расчёта при  $\alpha \gg 1$  (расчёт для случая, когда окислитель – простое вещество). Особенности термодинамического расчёта при  $\alpha \gg 1$ . расчёт для случая, когда окислитель и горючее содержат азот. Особые случаи терморасчёта: окислитель – атмосферный воздух. Особые случаи терморасчёта: расчёт недиссоциированных или слабо диссоциированных продуктов сгорания. Область применения системы уравнений для расчёта равновесного состава. Выбор оптимального  $\alpha$  в камере сгорания, в пристеночном слое, для газогенераторов двигателей открытой и замкнутой схем. Основные и конструкционные требования, предъявляемые к ракетным топливам. Эксплуатационные, экономические и экологические требования, предъявляемые к ракетным топливам. Классификация ракетных топлив по составу. Краткая характеристика кислородных окислителей. Краткая характеристика азотосодержащих окислителей. Краткая характеристика фторных окислителей. Краткая характеристика хлор- и фторсодержащих окислителей. Краткая характеристика спиртов как горючих. Краткая характеристика аммиака и аминных горючих. Гидразин и его производные. Краткая характеристика. Углеводороды как ракетные горючие, краткая характеристика. Водород, бороводороды и металлы как ракетные горючие.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов</p>	<p>Знает: классификацию применяемых ракетных топлив, степень их опасности и вредного воздействия на организм человека и окружающую среду; эксплуатационные, экономические и экологические требования, предъявляемые к ракетным топливам  Умеет: правильно подбирать конструкционные материалы и необходимые конструктивные исполнения элементов жидкостных ракетных двигателей для минимизации вероятности возникновения чрезвычайной ситуации и степени её неблагоприятного воздействия на окружающую среду и рабочий персонал  Имеет практический опыт: классификации ракетных топлив, расчета энергетических характеристик топливной пары</p>
<p>ПК-1 Разработка моделей и проведение тепловых, гидравлических, газодинамических и термохимических расчетов при проектировании узлов и агрегатов двигателей летательных аппаратов, включая элементы автоматики</p>	<p>Знает: методы получения и свойствах, характеристиках и области применения основных жидких ракетных топлив, об основных тенденциях и направлениях разработки перспективных топлив; процессы, протекающие при сгорании топлива; основные законы химической кинетики; основы теории</p>

	<p>распространения пламени в горючих смесях; основы теории кинетического и диффузионного горения; физико-химические основы определения и методики расчёта состава и параметров недиссоциированных и диссоциированных продуктов сгорания для различных топливных композиций при гомогенном и гетерогенном составе продуктов сгорания</p> <p>Умеет: осуществлять выбор компонентов топлива и оптимальной топливной пары; составлять системы уравнений для конкретной топливной пары, определять коэффициенты в камере и на срезе сопла</p> <p>Имеет практический опыт: экспериментального и расчётно-теоретического анализа процессов горения и использования современных методик определения параметров процессов в агрегатах двигателя</p>
--	--

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	<p>1.О.42 Проектирование авиационных газотурбинных двигателей,</p> <p>1.О.43 Автоматика и регулирование авиационных и ракетных двигателей,</p> <p>1.Ф.06 Теория и расчет газогенераторов,</p> <p>1.О.45 Проектирование комбинированных реактивных двигателей,</p> <p>1.О.47 Проектирование гибридных ракетных двигателей,</p> <p>1.О.48 Безопасность жизнедеятельности, Производственная практика, преддипломная практика (11 семестр)</p>

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 55,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5

Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	52,75	52,75
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Проработка лекционного материала	20	20
Курсовая работа	32,75	32.75
Консультации и промежуточная аттестация	7,25	7,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет,КР

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Вводная лекция по химической кинетике	0,25	0,25	0	0
2	Источники энергии и рабочие тела ракетных двигателей.	0,25	0,25	0	0
3	Химическая кинетика как раздел физической химии.	0,25	0,25	0	0
4	Теоретические методы определения скорости химической реакции.	0,5	0,5	0	0
5	Зависимость скорости реакции от температуры, давления и рода реагирующих веществ.	0,5	0,5	0	0
6	Молекулярность и порядок химических реакций.	0,5	0,5	0	0
7	Изменение скорости и концентраций во времени химических реакций, время полураспада.	0,5	0,5	0	0
8	Энергия активации, её физический смысл, методы определения энергии активации и констант изотермических реакций.	0,5	0,5	0	0
9	Равновесие обратимых химических реакций	0,5	0,5	0	0
10	Константы равновесия, выраженные через концентрации и через парциальные давления.	0,5	0,5	0	0
11	Уравнение Вант-Гоффа и равновесие экзотермических и эндотермических реакций.	0,25	0,25	0	0
12	Особенности протекания цепных химических реакций.	0,25	0,25	0	0
13	Неизотермические химические реакции: самовоспламенение простых химических реакций температура самовоспламенения. Время индукции.	0,5	0,5	0	0
14	Развитие цепных реакций во времени, самовоспламенение таких реакций.	0,5	0,5	0	0
15	Элементы теории горения, понятие о кинетическом и диффузионном горении.	0,25	0,25	0	0
16	Понятие о кривой выгорания на основе одномерной модели.	0,5	0,5	0	0
17	Теоретическое определение нормальной скорости распространения пламени в ламинарном потоке.	0,5	0,5	0	0
18	Экспериментальные методы определения нормальной скорости	0,5	0,5	0	0
19	Распространение пламени в турбулентных потоках при различной степени турбулентности.	0,75	0,75	0	0
20	Особенности гомогенного диффузионного пламени. Структура	0,25	0,25	0	0

	диффузионного факела				
21	Понятие о детонационном горении.	0,25	0,25	0	0
22	Вводная лекция по теории горения ракетных топлив	0,25	0,25	0	0
23	Элементный состав компонентов топлив и топлив	2	0,5	1,5	0
24	Стехиометрическое соотношение компонентов	2,5	0,5	2	0
25	Определение стехиометрического соотношения для топливных пар разного состава	3,25	0,25	3	0
26	Понятие о полной энтальпии индивидуальных веществ, системы отсчёта.	1,75	0,25	1,5	0
27	Полная энтальпия смесей, растворов, компонентов топлива и топлива.	2,75	0,25	2,5	0
28	Стандартная энтальпия и приведение её к условиям входа в камеру.	2	0,5	1,5	0
29	Расчёт параметров продуктов сгорания (П.С.) известного состава	1,75	0,75	1	0
30	Система уравнений для определения равновесных температуры и состава П.С. при заданных температуре и давлении.	3,75	0,75	3	0
31	Алгоритм определения равновесного состава и температуры гомогенных продуктов сгорания в камере и на срезе сопла.	1	1	0	0
32	Методы решения системы уравнений для определения состава продуктов сгорания	1,25	0,25	1	0
33	Решение системы уравнений «точным» способом	2,5	1	1,5	0
34	Блок-схема программы для определения парциальных давлений в камере	2,5	0,5	2	0
35	Блок-схема программы для определения парциальных давлений на срезе сопла.	2,5	0,5	2	0
36	Общая блок-схема программы термодинамического расчёта камеры.	2	0,5	1,5	0
37	Особенности составления системы уравнений для определения состава гетерогенных продуктов сгорания	0,5	0,5	0	0
38	Особенности термодинамического расчёта при $\alpha \ll 1$ .	0,5	0,5	0	0
39	Особенности термодинамического расчёта при $\alpha \gg 1$ (расчёт для случая, когда окислитель – простое вещество).	0,5	0,5	0	0
40	Особенности термодинамического расчёта при $\alpha \gg 1$ . расчёт для случая, когда окислитель и горючее содержат азот.	0,5	0,5	0	0
41	Особые случаи терморасчёта: окислитель – атмосферный воздух.	0,5	0,5	0	0
42	Особые случаи терморасчёта: расчёт недиссоциированных или слабо диссоциированных продуктов сгорания.	0,25	0,25	0	0
43	Область применения системы уравнений для расчёта равновесного состава.	0,5	0,5	0	0
44	Выбор оптимального $\alpha$ в камере сгорания, в пристеночном слое, для газогенераторов двигателей открытой и замкнутой схем.	0,25	0,25	0	0
45	Основные и конструкционные требования, предъявляемые к ракетным топливам.	0,75	0,75	0	0
46	Эксплуатационные, экономические и экологические требования, предъявляемые к ракетным топливам.	0,75	0,75	0	0
47	Классификация ракетных топлив по составу.	0,25	0,25	0	0
48	Краткая характеристика кислородных окислителей.	0,25	0,25	0	0
49	Краткая характеристика азотосодержащих окислителей.	0,25	0,25	0	0
50	Краткая характеристика фторных окислителей.	0,25	0,25	0	0

51	Краткая характеристика хлор- и фторсодержащих окислителей.	0,25	0,25	0	0
52	Краткая характеристика спиртов как горючих.	0,25	0,25	0	0
53	Краткая характеристика аммиака и аминных горючих.	0,25	0,25	0	0
54	Гидразин и его производные. Краткая характеристика.	0,25	0,25	0	0
55	Углеводороды как ракетные горючие, краткая характеристика.	0,25	0,25	0	0
56	Водород, бороводороды и металлы как ракетные горючие.	0,25	0,25	0	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Вводная лекция	0,25
2	2	Источники энергии и рабочие тела ракетных двигателей	0,25
3	3	Химическая кинетика как раздел физической химии	0,25
4	4	Теоретические методы определения скорости химической реакции	0,5
5	5	Зависимость скорости реакции от температуры, давления и рода реагирующих веществ.	0,5
6	6	Молекулярность и порядок химических реакций	0,5
7	7	Изменение скорости и концентраций во времени химических реакций, время полураспада.	0,5
8	8	Энергия активации, её физический смысл, методы определения энергии активации и констант изотермических реакций.	0,5
9	9	Равновесие обратимых химических реакций	0,5
10	10	Константы равновесия, выраженные через концентрации и через парциальные давления	0,5
11	11	Уравнение Вант-Гоффа и равновесие экзотермических и эндотермических реакций	0,25
12	12	Особенности протекания цепных химических реакций	0,25
13	13	Неизотермические химические реакции: самовоспламенение простых химических реакций температура самовоспламенения. Время индукции.	0,5
14	14	Развитие цепных реакций во времени, самовоспламенение таких реакций	0,5
15	15	Элементы теории горения, понятие о кинетическом и диффузионном горении	0,25
16	16	Понятие о кривой выгорания на основе одномерной модели.	0,5
17	17	Теоретическое определение нормальной скорости распространения пламени в ламинарном потоке.	0,5
18	18	Экспериментальные методы определения нормальной скорости	0,5
19	19	Распространение пламени в турбулентных потоках при различной степени турбулентности	0,75
20	20	Особенности гомогенного диффузионного пламени. Структура диффузионного факела	0,25
21	21	Понятие о детонационном горении.	0,25
22	22	Вводная лекция "Жидкие ракетные топлива"	0,25
23	23	Элементный состав компонентов топлив и топлив	0,5
24	24	Стехиометрическое соотношение компонентов	0,5
25	25	Определение стехиометрического соотношения для топливных пар разного состава	0,25
26	26	Понятие о полной энтальпии индивидуальных веществ, системы отсчёта.	0,25
27	27	Полная энтальпия смесей, растворов, компонентов топлива и топлива	0,25
28	28	Стандартная энтальпия и приведение её к условиям входа в камеру	0,5

29	29	Расчёт параметров продуктов сгорания (П.С.) известного состава	0,75
30	30	Система уравнений для определения равновесных температуры и состава П.С. при заданных температуре и давлении	0,75
31	31	Алгоритм определения равновесного состава и температуры гомогенных продуктов сгорания в камере и на срезе сопла	1
32	32	Методы решения системы уравнений для определения состава продуктов сгорания	0,25
33	33	Решение системы уравнений «точным» способом	1
34	34	Блок-схема программы для определения парциальных давлений в камере	0,5
35	35	Блок-схема программы для определения парциальных давлений на срезе сопла	0,5
36	36	Общая блок-схема программы термодинамического расчёта камеры.	0,5
37	37	Особенности составления системы уравнений для определения состава гетерогенных продуктов сгорания	0,5
38	38	Особенности термодинамического расчёта при $\alpha \ll 1$ .	0,5
39	39	Особенности термодинамического расчёта при $\alpha \gg 1$ (расчёт для случая, когда окислитель – простое вещество).	0,5
40	40	Особенности термодинамического расчёта при $\alpha \gg 1$ . расчёт для случая, когда окислитель и горючее содержат азот.	0,5
41	41	Особые случаи терморасчёта: окислитель – атмосферный воздух.	0,5
42	42	Особые случаи терморасчёта: расчёт недиссоциированных или слабо диссоциированных продуктов сгорания	0,25
43	43	Область применения системы уравнений для расчёта равновесного состава.	0,5
44	44	Выбор оптимального $\alpha$ в камере сгорания, в пристеночном слое, для газогенераторов двигателей открытой и замкнутой схем	0,25
45	45	Основные и конструкционные требования, предъявляемые к ракетным топливам	0,75
46	46	Эксплуатационные, экономические и экологические требования, предъявляемые к ракетным топливам	0,75
47	47	Классификация ракетных топлив по составу	0,25
48	48	Краткая характеристика кислородных окислителей	0,25
49	49	Краткая характеристика азотсодержащих окислителей.	0,25
50	50	Краткая характеристика фторных окислителей.	0,25
51	51	Краткая характеристика хлор- и фторсодержащих окислителей.	0,25
52	52	Краткая характеристика спиртов как горючих.	0,25
53	53	Краткая характеристика аммиака и аминных горючих.	0,25
54	54	Гидразин и его производные. Краткая характеристика.	0,25
55	55	Углеводороды как ракетные горючие, краткая характеристика.	0,25
56	56	Водород, бороводороды и металлы как ракетные горючие.	0,25

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	23	Определение массового состава, условных и удельных формул компонентов и топлива.	1,5
2	24	Практические занятия по определению массового состава, условных формул компонентов и топлива, стехиометрических коэффициентов и полной энтальпии горючего, окислителя и топлива.	1
3	24	Составление системы уравнений для конкретной топливной пары,	1



		определение коэффициентов, составление блок-схемы программы решения системы и блок-схемы программы для определения равновесных параметров в камере и на срезе сопла..	
2	25	Практические занятия по определению массового состава, условных формул компонентов и топлива, стехиометрических коэффициентов и полной энтальпии горючего, окислителя и топлива.	1
3	25	Составление системы уравнений для конкретной топливной пары, определение коэффициентов, составление блок-схемы программы решения системы и блок-схемы программы для определения равновесных параметров в камере и на срезе сопла..	1
4	25	Определение коэффициентов стехиометрического соотношения мольных ( $\kappa_0$ ) и массовых ( $K_0$ ) для разных топливных пар. Сравнительный анализ по $K_0$ различных окислителей с эталонным горючим.	1
2	26	Практические занятия по определению массового состава, условных формул компонентов и топлива, стехиометрических коэффициентов и полной энтальпии горючего, окислителя и топлива.	0,5
3	26	Составление системы уравнений для конкретной топливной пары, определение коэффициентов, составление блок-схемы программы решения системы и блок-схемы программы для определения равновесных параметров в камере и на срезе сопла..	0,5
5	26	Системы отсчёта полных энтальпий. Физическая энтальпия и химическая энергия. Определение полной энтальпии для переохлаждённого жидкого кислорода, фтора, для нагретого до некоторой температуры керосина и т.п.	0,5
2	27	Практические занятия по определению массового состава, условных формул компонентов и топлива, стехиометрических коэффициентов и полной энтальпии горючего, окислителя и топлива.	2,5
6	28	Приведение стандартной энтальпии к условиям входа в камеру. Особенности приведения энтальпии горючих и окислителей.	1,5
7	29	Термодинамический расчёт в камере и на срезе сопла при помощи таблиц и номограмм.	1
8	30	Составление системы уравнений для определения равновесного состава продуктов сгорания при известных давлении и температуре для случая, когда в состав топлива входят элементы О, Н, и С.	3
9	32	Составление системы уравнений для конкретной топливной пары, определение коэффициентов, составление блок-схемы программы решения системы и блок-схемы программы для определения равновесных параметров в камере и на срезе сопла.	1
9	33	Составление системы уравнений для конкретной топливной пары, определение коэффициентов, составление блок-схемы программы решения системы и блок-схемы программы для определения равновесных параметров в камере и на срезе сопла.	1,5
9	34	Составление системы уравнений для конкретной топливной пары, определение коэффициентов, составление блок-схемы программы решения системы и блок-схемы программы для определения равновесных параметров в камере и на срезе сопла.	2
9	35	Составление системы уравнений для конкретной топливной пары, определение коэффициентов, составление блок-схемы программы решения системы и блок-схемы программы для определения равновесных параметров в камере и на срезе сопла.	2
10	36	Термодинамический расчёт в камере и на срезе сопла при помощи ЭВМ.	1,5

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Проработка лекционного материала	См. учебно-методические материалы в электронном виде, пункты 1, 2 См. основную печатную литературу, пункты 1, 2	5	20
Курсовая работа	См. учебно-методические материалы в электронном виде, пункты 1, 2 См. основную печатную литературу, пункты 1, 2	5	32,75

#### 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

##### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	5	Текущий контроль	КТ1: Определение термодинамических характеристик продуктов сгорания	1	100	<p>Ответ предоставляется в письменном виде (допускается использование файла электронной таблицы) с использованием "Электронного ЮУрГУ" и оценивается по критериям полноты и правильности. Согласно качеству ответа обучающемуся выставляется рейтинг.</p> <p>Обучающийся получает 100 баллов в случае, если: ход решения чётко изложен, использованы верные формулы, получен верный ответ. За ошибки балл уменьшается согласно приведённому списку:</p> <p>а) допущены ошибки в расчёте -- минус 5 баллов;</p> <p>б) отсутствуют пояснения хода расчёта -- минус 10 баллов;</p> <p>в) использованы неверные формулы (формулы имеют ошибки в переменных) -- минус 15 баллов;</p> <p>г) использованы неверные формулы (использованные формулы не соответствуют постановке</p>	зачет

						задачи) -- минус 30 баллов; д) ответ представлен с опозданием относительно срока сдачи -- минус 10 баллов.  В случае непредоставления ответа обучающийся получает 0 баллов.	
2	5	Текущий контроль	КТ2: Расчёт константы равновесия химической реакции с применением ЭВМ	1	100	<p>Ответ предоставляется в письменном виде (допускается использование файла электронной таблицы) с использованием "Электронного ЮУрГУ" и оценивается по критериям полноты и правильности. Согласно качеству ответа обучающемуся выставляется рейтинг.</p> <p>Обучающийся получает 100 баллов в случае, если: ход решения чётко изложен, использованы верные формулы, получен верный ответ. За ошибки балл уменьшается согласно приведённому списку:</p> <p>а) допущены ошибки в расчёте -- минус 5 баллов;</p> <p>б) отсутствуют пояснения хода расчёта -- минус 10 баллов;</p> <p>в) использованы неверные формулы (формулы имеют ошибки в переменных) -- минус 15 баллов;</p> <p>г) использованы неверные формулы (использованные формулы не соответствуют постановке задачи) -- минус 30 баллов;</p> <p>д) ответ представлен с опозданием относительно срока сдачи -- минус 10 баллов.</p> <p>В случае непредоставления ответа обучающийся получает 0 баллов.</p>	зачет
3	5	Текущий контроль	КТ3: Определение стехиометрического соотношения компонентов топлива	1	100	<p>Ответ предоставляется в письменном виде с использованием "Электронного ЮУрГУ" и оценивается по критериям полноты и правильности. Согласно качеству ответа обучающемуся выставляется рейтинг.</p> <p>Обучающийся получает 100 баллов в случае, если: ход решения чётко изложен, использованы верные формулы, получен верный ответ. За ошибки балл уменьшается согласно приведённому списку:</p> <p>а) допущены ошибки в расчёте -- минус 5 баллов;</p> <p>б) отсутствуют пояснения хода расчёта -- минус 10 баллов;</p>	зачет

						<p>в) использованы неверные формулы (формулы имеют ошибки в переменных) -- минус 15 баллов;</p> <p>г) использованы неверные формулы (использованные формулы не соответствуют постановке задачи) -- минус 30 баллов;</p> <p>д) ответ представлен с опозданием относительно срока сдачи -- минус 10 баллов.</p> <p>В случае непредоставления ответа обучающийся получает 0 баллов.</p>	
4	5	Текущий контроль	КТ4: Контроль посещаемости занятий дисциплины	0,5	100	Рейтинг выставляется автоматически на основании журнала посещаемости "Электронного ЮУрГУ".	зачет
5	5	Промежуточная аттестация	ПА1: Устный ответ на три вопроса	-	100	<p>Результат контроля не может ухудшить итоговый рейтинг по дисциплине.</p> <p>Ответ предоставляется в устном виде в очном или дистанционном формате с использованием "Электронного ЮУрГУ" и оценивается по критериям полноты и правильности. Письменная подготовка ответа на вопросы билета (1 час). Три вопроса: по одному из А1, А2, А3 (см. ФОС ПА1).</p> <p>Согласно качеству ответа обучающемуся выставляется рейтинг.</p> <p>Обучающийся получает 100 баллов (за ПА1) в случае, если: предоставлен верный ответ на все три вопроса. За неверный ответ на вопрос балл может быть уменьшен максимум на 20 баллов в зависимости от допущенных ошибок. Могут быть заданы дополнительные наводящие вопросы по теме вопроса (не задаются в случае полного исчерпывающего ответа) по завершении ответа обучающегося (перебивать ответ обучающегося вопросами недопускается).</p> <p>Критерии оценивания ответа:</p> <p>а) обучающийся дал полный, исчерпывающий ответ -- баллы не снимаются;</p> <p>б) обучающийся затруднился с ответом на одну из частей вопроса,</p>	зачет

					<p>либо ошибся при ответе на дополнительный наводящий вопрос -- минус 5 баллов;</p> <p>в) обучающийся смог ответить только после дополнительных наводящих вопросов -- минус 10 баллов;</p> <p>г) обучающийся не смог, либо отказался отвечать на вопрос -- минус 20 баллов.</p> <p>В случае непредоставления ответа обучающийся получает 0 баллов.</p>		
6	5	Курсовая работа/проект	<p>КР1: Представление пояснительной записки и распечаток результатов расчёта с устным пояснением сути проделанной работы</p>	-	100	<p>100 баллов: Полученные данные точны, корректны, исчерпывающи. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ и нормативных документов университета, у преподавателя нет сомнений в личном выполнении обучающимся представленной работы.</p> <p>75 баллов: Полученные данные точны, корректны, исчерпывающи. Имеются претензии к оформлению и представлению данных распечаток, у преподавателя нет сомнений в личном выполнении обучающимся представленной работы.</p> <p>60 баллов: Полученные данные точны, корректны, но работа проведена не в полном объёме, недооформлена, обучающийся демонстрирует знание методики расчёта, личный вклад в получение результатов (алгоритмы модифицированы и переписаны под выданные исходные данные).</p> <p>40 баллов: работа проведена не в полном объёме, недооформлена, обучающийся не может пояснить принципы работы алгоритмов расчёта, назначение переменных, затрудняется с формированием выводов о корректности полученных итоговых, либо промежуточных результатов расчёта.</p> <p>0 баллов: Работа не выполнена.</p> <p>В случае предоставления курсовой работы с опозданием относительно срока сдачи -- минус 10 баллов.</p>	курсовые работы

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Прохождение промежуточной аттестации (ПА1) является необязательным и проводится в случае набора недостаточного количества баллов во время текущего контроля (КТ1 -- КТ4). Прохождение промежуточной аттестации не может снизить итоговый балл обучающегося.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
курсовые работы	Оценивается пояснительная записка и распечатка исходного текста программы расчёта (приложение к пояснительной записке) согласно приведённой шкале оценивания КР1 (см. ФОС КР1).	В соответствии с п. 2.7 Положения

### 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
УК-8	Знает: классификацию применяемых ракетных топлив, степень их опасности и вредного воздействия на организм человека и окружающую среду; эксплуатационные, экономические и экологические требования, предъявляемые к ракетным топливам					++	
УК-8	Умеет: правильно подбирать конструкционные материалы и необходимые конструктивные исполнения элементов жидкостных ракетных двигателей для минимизации вероятности возникновения чрезвычайной ситуации и степени её неблагоприятного воздействия на окружающую среду и рабочий персонал					++	
УК-8	Имеет практический опыт: классификации ракетных топлив, расчета энергетических характеристик топливной пары	++	++	++	++	++	++
ПК-1	Знает: методы получения и свойствах, характеристиках и области применения основных жидких ракетных топлив, об основных тенденциях и направлениях разработки перспективных топлив; процессы, протекающие при сгорании топлива; основные законы химической кинетики; основы теории распространения пламени в горючих смесях; основы теории кинетического и диффузионного горения; физико-химические основы определения и методики расчёта состава и параметров недиссоциированных и диссоциированных продуктов сгорания для различных топливных композиций при гомогенном и гетерогенном составе продуктов сгорания	++	++	++	++	++	++
ПК-1	Умеет: осуществлять выбор компонентов топлива и оптимальной топливной пары; составлять системы уравнений для конкретной топливной пары, определять коэффициенты в камере и на срезе сопла	++	++	++	++	++	++
ПК-1	Имеет практический опыт: экспериментального и расчётно-теоретического анализа процессов горения и использования современных методик определения параметров процессов в агрегатах двигателя	++	++	++	++	++	++

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Частухин, В. И. Топливо и теория горения Учеб. пособие для вузов по спец."Промышленная теплоэнергетика". - Киев: Выща школа, 1989. - 223 с. ил.

2. Васильев, А. П. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей Учеб. для авиац. спец. вузов Под ред. В. М. Кудрявцева. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1983. - 703 с. ил.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. нет

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Мальков, В. А. Методические указания по оформлению курсовой работы по дисциплине «Основы теории горения ракетных топлив» [Текст] / Мальков В. А. — Челябинск: ЮУрГУ, 2004. — 7с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Мальков, В. А. Методические указания по оформлению курсовой работы по дисциплине «Основы теории горения ракетных топлив» [Текст] / Мальков В. А. — Челябинск: ЮУрГУ, 2004. — 7с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Химическая кинетика : учебное пособие / В. В. Буданов, Т. Н. Ломова, В. В. Рыбкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1542-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168624">https://e.lanbook.com/book/168624</a> (дата обращения: 27.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Теория горения и взрыва : учебное пособие / М. Н. Шапров. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2016. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/76691">https://e.lanbook.com/book/76691</a> (дата обращения: 27.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. -Code::Blocks IDE for Fortran(бессрочно)
2. -GNU Fortran(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	244 (2)	мультимедийные средства аудиторий
Лабораторные занятия		лабораторные стенды АК факультета
Практические занятия и семинары	304 (2)	мультимедийные средства аудиторий, персональные ЭВМ