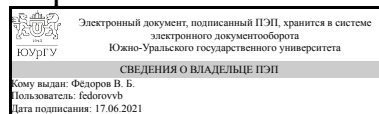


УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический



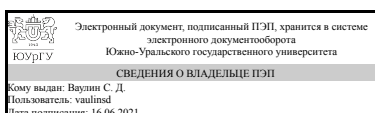
В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.38 Теория и проектирование жидкостных ракетных двигателей для специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
уровень специалист тип программы Специалитет
специализация Проектирование жидкостных ракетных двигателей
форма обучения очная
кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

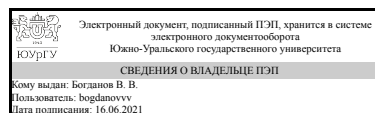
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, утверждённым приказом Минобрнауки от 16.02.2017 № 141

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,
старший преподаватель



В. В. Богданов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование системы профессиональных знаний и практических навыков в области теории, расчета и проектирования жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Задачи дисциплины: - освоение категорийного-понятийного аппарата дисциплины; - изучение основных методов расчета основных узлов и агрегатов ЖРД; - выявление и систематизация основных принципов проектирования узлов и агрегатов ЖРД; - формирование системы научно-практических знаний о методах, законах и основных тенденциях расчета и проектирования ЖРД.

Краткое содержание дисциплины

Введение Основы рабочего процесса в жидкостных ракетных двигателях Теловой расчет двигателя Сопла ЖРД Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания Физическое и математическое моделирование процессов Расчет основных конструктивных параметров и характеристик ЖРД Запуск и останов двигателя Пульсации в ЖРД Регулирование работы ЖРД Особенности космических ЖРДМТ

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПСК-3.1 способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД	Знать: теорию и расчетные методики по проектированию ЖРД; основные виды жидкостных ракетных топлив; основные характеристики рабочих процессов в ЖРД; виды ЖРДУ и их назначение в составе ЛА; принципы регулирования ЖРД
	Уметь: применять компьютерные технологии для разработки и/или проектировании ракетных двигателей и их отдельных узлов
	Владеть: методиками расчета ЖРД
ПК-6 способностью принимать участие в разработке методических и нормативных документов по проектированию двигателей ЛА и проведении мероприятий по их реализации	Знать: методы испытаний и отработки ЖРД
	Уметь: формулировать задания для расчета для расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ
	Владеть: понятийным аппаратом ЖРД и ЖРДУ
ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Знать: теорию и расчетные методики по проектированию ЖРД
	Уметь: рассчитывать основные характеристики ЖРД и ЖРДУ, их узлов и агрегатов
	Владеть: методами математического моделирования ЖРД и ЖРДУ, их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин,	Перечень последующих дисциплин,
------------------------------------	---------------------------------

видов работ учебного плана	видов работ
Б.1.31 Топлива и рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях, Б.1.24 Термодинамика и теплопередача, Б.1.06 Физика	Б.1.34 Испытания жидкостных ракетных двигателей, ДВ.1.04.02 Космические энергоустановки, Производственная практика, преддипломная практика (11 семестр), Производственная практика, проектно-конструкторская практика (10 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Б.1.31 Топлива и рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях	<p>Иметь: - представление о методах получения и свойствах, характеристиках и области применения основных жидких ракетных топлив, об основных тенденциях и направлениях разработки перспективных топлив, процессах, протекающих при сгорании топлива, - представление о методах получения и свойствах, характеристиках и области применения основных жидких ракетных топлив, об основных тенденциях и направлениях разработки перспективных топлив, о процессах, протекающих при сгорании топлива. Знать: - жидкие и твердые ракетные топлива, - законы протекания простых и цепных химических реакций, зависимость скоростей реакций от различных факторов. Кинетические уравнения для моно - би- и тримолекулярных реакций. Изменение концентраций и скоростей реакций во времени. Константы равновесия реакций диссоциации рекомбинации, их зависимость от температуры, область равновесного состояния продуктов сгорания. Владеть: - принципами выбора компонентов топлива и оптимальной топливной пары, основы теории распространения пламени в горючих смесях, основы теории кинетического и диффузионного горения, методы определения элементного состава компонентов топлив, коэффициентов стехиометрического соотношения, условных формул компонентов топлива и топлива в целом, физико-химические основы определения и методики расчёта состава и параметров недиссоциированных и диссоциированных равновесных продуктов сгорания для различных топливных композиций при гомогенном и гетерогенном составе продуктов сгорания, особенности термодинамического расчёта состава и температуры продуктов сгорания при соотношениях компонентов, сильно отличающихся от стехиометрии, а также при использовании воздуха в качестве окислителя,</p>

	<p>определять необходимое соотношение компонентов для камеры сгорания в ядре потока, в пристеночном слое, а также в газогенераторах открытой и замкнутой схем, составлять и использовать программы для определения состава продуктов сгорания, уметь использовать таблицы термодинамических и теплофизических продуктов сгорания.</p>
<p>Б.1.06 Физика</p>	<p>знать: основные физические явления и основные законы физики, границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; фундаментальные физические опыты и их роль в развитии науки; назначение и принципы действия важнейших физических проборов, а также основные формулы и методы решения задач, необходимых при проектировании двигателей и энергетических установок летательных аппаратов; уметь: объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных физических взаимодействий; указать какие законы описывают данное явление или эффект; правильно толковать смысл физических величин и понятий; записывать уравнения для физических величин в системе СИ; работать с приборами и оборудованием современной физической лаборатории; использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных; использовать методы адекватного физического и математического моделирования, а так же применять методы физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем, в частности применять физико-математические методы моделирования и расчета при разработке двигателей и энергетических установок летательных аппаратов; владеть: основными общеприродными законами и принципами в важнейших практических применениях; основными методами физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; навыками правильной эксплуатации основных проборов и оборудования современной физической лаборатории; обработкой и интерпретацией результатов эксперимента; методами физического моделирования в производственной практике; навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей применительно к конкретным задачам проектирования двигателей и энергетических установок летательных</p>

	аппаратов.
Б.1.24 Термодинамика и теплопередача	Знать: - основные закономерности теплопроводности, конвективного и радиационного переносов тепла, сложного теплообмена, способы тепловой защиты конструкций ракетных двигателей. Уметь: - использовать способы передачи тепла. Владеть: - навыками расчета элементарных видов теплообмена и сложного теплообмена в элементах ракетных двигателей.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	252	144	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	112	64	48
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	48	32	16
Лабораторные работы (ЛР)	32	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	140	80	60
Подготовка к промежуточной аттестации	60	55	5
Выполнение курсового проекта	50	0	50
Проработка лекционного материала	30	25	5
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен, КИ

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	2	2	0	0
2	Общие сведения о ЖРД	20	2	6	12
3	Тепловой расчет ЖРД	12	6	6	0
4	Сопла ЖРД	10	4	6	0
5	Организация рабочего процесса и характеристики камер ДЖТ	23	6	11	6
6	Физическое и математическое моделирование процессов в ЖРД	8	2	0	6
7	Расчет основных конструктивных параметров и характеристик ЖРД	27	2	19	6
8	Запуск и останов ЖРД	2	2	0	0
9	Пульсации в ЖРД	2	2	0	0
10	Регулирование работы ЖРД	2	2	0	0
11	Особенности космических ЖРДМТ	4	2	0	2

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Краткий исторический очерк	1
2	1	Место дисциплины при подготовке специалиста	1
3	2	Общие сведения о ЖРД	0,5
4	2	Термогазодинамические и энергетические основы рабочего процесса	0,5
5	2	Ускорение потока и преобразование энергии	0,5
6	2	Тяга ЖРД	0,5
7	3	Газодинамический расчет камеры	4
8	3	Потери в камере сгорания	2
9	4	Сопла ракетных двигателей. Общие положения	1
10	4	Особенности течения потока в докритической части сопла	1,5
11	4	Особенности течения в сверхзвуковой части сопла	1,5
12	5	Распыливание и смесеобразование компонентов топлива	2
13	5	Испарение распыленного топлива	2
14	5	Воспламенение и сгорание топлива	2
15	6	Основные уравнения для описания рабочего процесса	1
16	6	Физическое и математическое моделирование процессов в двигателе	1
17	7	Гидравлический расчет тракта охлаждения	0,5
18	7	Организация тепловой защиты камеры	0,5
19	7	Определение конвективных и лучистых тепловых потоков	0,25
20	7	Теплоотдача в охлаждающем тракте	0,25
21	7	Характеристики ЖРД	0,5
22	8	Запуск двигателя	1
23	8	Останов двигателя	1
24	9	Пульсации в ЖРД и меры их подавления	2
25	10	Регулирование работы ЖРД	2
26	11	Особенности ЖРДМТ и ДУ с ЖРДМТ	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Тяга ЖРД	6
2	3	Тепловой расчет ЖРД. Газодинамический расчет идеальной и реальной камеры	6
3	4	Построение профиля докритической и закритической части камеры ЖРД. Изменение рабочих параметров потока по длине сопла	6
4	5	Расчет жидкостный струйных форсунок (с пересечением и без пересечения струй)	1
5	5	Расчет центробежных форсунок (тангенциальных и шнекоцентробежных)	4
6	5	Расчет двухкомпонентных форсунок	3
7	5	Расчет газовых форсунок	1
8	5	Компоновочный расчет головки	2
9	7	Расчет конвективных тепловых потоков	6
10	7	Расчет лучистых тепловых потоков	5
11	7	Гидравлический расчет тракта охлаждения камеры	4

12	7	Методика расчета охлаждения камеры двигателя	4
----	---	--	---

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Устройство и принцип действия стенда для огневых испытаний	3
2	2	Устройство и принцип действия стенда холодных проливок	3
3	2	Системы измерения и регистрации параметров	3
4	2	Экспериментальное определение тяги лабораторного двигателя	3
5	5	Экспериментальное определение дроссельной характеристики двигателя	6
6	6	Исследование струйных форсунок и форсунок с пересекающимися струями	2
7	6	Определение дроссельной характеристики центробежной форсунки	2
8	6	Определение коэффициента расхода при истечении нагретой жидкости через центробежную форсунку	2
6	7	Исследование струйных форсунок и форсунок с пересекающимися струями	2
7	7	Определение дроссельной характеристики центробежной форсунки	2
8	7	Определение коэффициента расхода при истечении нагретой жидкости через центробежную форсунку	2
9	11	Характерные особенности космических ДУ с ЖРД МТ	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Выполнение курсового проекта	См. конспект лекций, основную и дополнительную литературу	40
Проработка лекционного материала	См. основную и дополнительную литературу	30
Подготовка к промежуточной аттестации	См. конспект лекций, основную и дополнительную литературу	70

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Работа в малых группах	Лабораторные занятия	Изучение изделий УЦ РКТ	30

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Общие сведения о ЖРД	ПСК-3.1 способностью рассчитывать и проектировать узлы и агрегаты системы подачи компонентов топлива в камеру сгорания ЖРД	Зачет	-
Тепловой расчет ЖРД	ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Зачет	-
Сопла ЖРД	ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Зачет	-
Организация рабочего процесса и характеристики камер ДЖТ	ПК-6 способностью принимать участие в разработке методических и нормативных документов по проектированию двигателей ЛА и проведении мероприятий по их реализации	Экзамен	-
Расчет основных конструктивных параметров и характеристик ЖРД	ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Экзамен	-
Регулирование работы ЖРД	ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Экзамен	-
Все разделы	ПК-1 способностью принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Курсовой проект	-

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Зачет	Решение задач, защита лабораторных работ При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности	Зачтено: 60-100% Не зачтено: 0-59%

	обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Рейтинг выставляется на основании (среднего арифметического) рейтинга защиты лабораторных работ (весовой коэффициент 1), рейтинга решения контрольной задачи (весовой коэффициент 1), рейтинга посещаемости (весовой коэффициент 0,5). Рейтинг решения контрольной задачи выставляется по следующей шкале: а) 100%: ход решения верный, получен верный ответ; б) 80-99%: ход решения верный, верный ответ не получен (ошибки в расчёте, или решение не доведено до конца); в) 40-79%: ход решения неверный; некоторые из приведённых формул неверны; г) 20-39%: нет решения, не приведены какие-либо формулы, необходимые для решения задачи; д) 0%: неявка на процедуру оценивания.	
Экзамен	Письменный ответ на теоретический вопрос, решение практического задания При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Итоговый рейтинг присваивается по результатам рейтинга промежуточной аттестации (весовой коэффициент 1), посещаемости (весовой коэффициент 0,5). Рейтинг промежуточной аттестации вычисляется по формуле $(m+n)$, где m -- рейтинг ответа на теоретический вопрос (0-35%), n -- рейтинг выполнения практического задания (0-65%).	Отлично: 85-100% Хорошо: 70-84% Удовлетворительно: 55-69% Неудовлетворительно: 0-54%
Курсовой проект	Представление письменной пояснительной записки курсового проекта. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).	Отлично: 85-100% Хорошо: 70-84% Удовлетворительно: 55-69% Неудовлетворительно: 0-54%

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Зачет	Задача 1 Стехиометрическое соотношение компонентов равно 3,65. Массовый расход топлива 102 кг/с. Коэффициент избытка окислителя 0,9. Найти расход окислителя и горючего. Задача 2 Стехиометрическое соотношение компонентов равно 3.65. Массовый расход топлива 152 кг/с. Коэффициент избытка окислителя 0,87. Найти расход окислителя и горючего. Задача 3 Определить диаметр струйной форсунки, если расход через форсунку составляет $65 \cdot 10^{-3}$ кг/с, плотность жидкости $\rho = 800$ кг/м ³ , $L_f/d_f = (1 \dots 3)$, перепад давлений на форсунке 1 МПа. Задача 4 Определить диаметр струйной форсунки, если расход через форсунку составляет $100 \cdot 10^{-3}$ кг/с, плотность компонента 1500 кг/м ³ , $L_f/d_f = (1 \dots 3)$, перепад давлений на форсунке 1,5 МПа. Задача 5 Определить расход топлива через струйную форсунку, если $L_f/d_f = (1 \dots 3)$, $d_f = 1,4$ мм, плотность жидкости 1400 кг/м ³ , перепад давления на форсунке 1,4 МПа. Задача 6 Определить расход топлива через струйную форсунку, через струйную форсунку, если $L_f/d_f = (0,5 \dots 1)$, $d_f = 1,5$ мм, плотность топлива 750 кг/м ³ , перепад давления на форсунке 1,0 МПа. Задача 7 В центробежной форсунке диаметр камеры закручивания составляет 9 мм, диаметр входного отверстия 1,0 мм, число входов = 4, диаметр сопла составляет 2,5 мм, перепад давлений на форсунке 1,5 МПа, плотность 800 кг/м ³ . Определить расход через форсунку. Задача 8 В центробежной форсунке диаметр камеры закручивания составляет 10 мм, диаметр входного отверстия 1,2 мм, число входов = 3, диаметр сопла 2,5 мм, перепад давления 1,2 МПа, плотность

	<p>900кг/м³. Определить расход через форсунку. Задача 9 Скорость на срезе сопла составляет 3100 м/с, секундный расход продуктов сгорания 102 кг/с, площадь среза сопла = 0,945м², давление на срезе сопла 0,08 МПа, давление окружающей среды 105МПа. Найти динамическую и статическую составляющие тяги. Задача 10 Скорость на срезе сопла составляет 3600 м/с, секундный расход продуктов сгорания 152 кг/с, площадь среза сопла = 0,945 м², давление на срезе сопла = 0,06 МПа, давление окружающей среды 0,4*105МПа. Найти статическую и динамическую составляющие тяги.</p>
Экзамен	<p>Типовые практические задания промежуточного контроля: Задача 11 Диаметр камеры закручивания центробежной форсунки составляет 9мм, диаметр входного отверстия 1,6мм, число входов = 3, диаметр сопла составляет 2,5мм. Найти угол распыла. Задача 12 Диаметр камеры закручивания центробежной форсунки составляет 10мм, диаметр входного отверстия 2,2мм, число входов = 2, диаметр сопла 2,5мм. Определить угол распыла. Задача 13 Диаметр камеры закрутки $d_{k.3} = 10$мм. Диаметр входного отверстия 1,2мм. Число входов = 4. Диаметр сопла $d_c = 3$мм. Определить геометрическую характеристику форсунки и угол распыла. Задача 14 Диаметр камеры закрутки $d_{k.3} = 8$мм. Диаметр входного отверстия 1,8мм. Число входов = 3. Диаметр сопла $d_c = 4$мм. Определить геометрическую характеристику форсунки и угол распыла. Задача 15 Найти коэффициент расхода и угол распыла при истечении из форсунки вязкой жидкости с $\chi = 0,04$. Параметры форсунки: $d_{k.3} = 10$мм, $d_{вх} = 1,8$мм, $i = 3$, $d_c = 4$мм. Задача 16 Определить скорость потока в критическом сечении, если $T_k = 3400$К, $n = 1,12$, $R_k = 340$ Дж/кг*К Задача 17 Определить скорость потока в критическом сечении, если $T_k = 3500$°К, $n = 1,15$, $R_k = 340$ Дж/кг*К Задача 18 Определить диаметр струйной форсунки, если расход через форсунку составляет 100×10^{-3}кг/с, плотность компонента 1500кг/м³, $L_f/d_f = (1 \dots 3)$, перепад давлений на форсунке 1,5 МПа</p> <p>Теоретические вопросы: 1. Тяга двигателя 2. Удельный импульс двигателя 3. Суммарный импульс двигателя 4. Удельная масса и энерговооруженность двигателя 5. Идеальная конечная скорость. Формула Циолковского 6. Уравнение состояния рабочего тела 7. Уравнения сохранения массы 8. Уравнение сохранения энергии 9. Уравнение сохранения количества движения 10. Определение параметров идеального торможения 11. Идеальная скорость истечения продуктов сгорания 12. Теоретическая (расчетная) скорость продуктов сгорания 13. Ускорение потока в сопле Лавала 14. Геометрическая степень уширения сопла 15. Природа потерь в КС и СБ 16. Коэффициент удельного импульса 17. Коэффициент камеры 18. Коэффициент сопла 19. Природа коэффициента U. 20. Природа коэффициента U_w. 21. Коэффициент тяги K_t. 22. Расходный комплекс 23. Дроссельная характеристика двигателя 24. Высотная характеристика двигателя 25. Построение профиля докритической части камеры 26. Построение профиля закритической части камеры 27. Особенности течения в докритической части камеры 28. Особенности течения в закритической части камеры 29. Виды и конструкция распылительных элементов 30. Струйные жидкостные форсунки 31. Газовые форсунки 32. Центробежные форсунки 33. Допущения в теории «идеальной» форсунки 34. Образование газового вихря в ц/б форсунке 35. Осевая скорость в сопловом сечении форсунки 36. Коэффициент расход и расход через ц/б форсунку 37. Особенности истечения реальной жидкости через ц/б форсунку 38. Особенности истечения подогретой жидкости 39. Гидродинамическая картина процесса смешения 40. Особенности испарения одиночной капли 41. Воспламенение и сгорание топлива 42. Изменение параметров по длине камеры двигателя 43. Возможность физического моделирования процессов 44. Гидравлические расчет тракта охлаждения 45. Гидравлические путевые потери 46. Гидравлические потери на местные сопротивления 47. Организация тепловой защиты камеры 48. Факторы, определяющие температуру огневой стенки камеры 49. Определение конвективных тепловых потоков 50. Распределение q_k по длине камеры 51. Определение лучистых тепловых потоков 52. Распределение q_l по длине камеры 53. Теплоотдача в охлаждающем тракте 54. Влияние оребрения на теплоотдачу 55. Факторы, влияющие на процесс запуска 56. Останов двигателя. Импульс последствия 57. Оценка составляющих импульс</p>

	последствия 58. Классификация неустойчивых режимов работы 59. Механизм возбуждения и условия развития колебаний 60. Меры предупреждения неустойчивых режимов 61. Регулирование процессов в камере двигателя 62. Особенности космических ЖРД 63. Назначение и основные понятия ЖРДМТ 64. Однокомпонентные и двухкомпонентные ЖРДМТ 65. Режимы работы ЖРДМТ 66. ДУ с ЖРДМТ
Курсовой проект	Тема курсового проекта (численные значения по вариантам): Проектирование жидкостного ракетного двигателя: 1) тепловой расчёт двигателя; 2) построение профиля проточного тракта камеры двигателя, графиков распределения параметров рабочего тела по длине тракта; 3) ориентировочный расчёт форсуночной головки (смесителя -- для ЖРДМТ).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования Текст учеб. для вузов по направлению "Авиа-и ракетостроение", специальности "Ракет. двигатели" "Двигатели летат. аппаратов" М. В. Добровольский : под ред. Д. А. Ягодникова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 486, [1] 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:

1. Алемасов, В. Е. Теория ракетных двигателей Учебник для машиностроит. спец. вузов] Под ред. В. П. Глушко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. - 533 с. ил.
2. Махин, В. А. Динамика жидкостных ракетных двигателей Текст В. А. Махин, В. Ф. Присняков, Н. П. Белик. - М.: Машиностроение, 1969. - 834 с. ил.
3. Ракетные двигатели Текст Т. М. Мелькумов и др. - М.: Машиностроение, 1976. - 399 с. ил.

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Нет

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный до-

				ступ)
1	Дополнительная литература	Минашин А.Г., Петрикевич Б.Б. Основы теории и проектирования жидкостных ракетных двигателей малой тяги: учебное пособие: в 2-х частях.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Свободный
2	Основная литература	Филимонов Ю.Н., Анискевич Ю.В. Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: учебное пособие для вузов	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Свободный
3	Основная литература	Библиотека УЦ РКТ	Учебно-методические материалы кафедры	ЛокальнаяСеть / Авторизованный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	244 (2)	средства измерения и регистрации расхода, давления и температуры
Практические занятия и семинары	101 (2)	средства измерения и регистрации расхода, давления и температуры
Лабораторные занятия	(2)	лаборатория огневых испытаний
Лекции	100 (2в)	Изделия УЦ РКТ