

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический

_____ А. Л. Карташев
06.07.2018

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
к ОП ВО от 27.06.2018 №084-2046

дисциплины Б.1.39 Конструирование 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.
(ученая степень, ученое звание)

_____ 06.07.2018 _____
(подпись)

С. Д. Ваулин

Разработчик программы,
старший преподаватель
(ученая степень, ученое звание,
должность)

_____ 06.07.2018 _____
(подпись)

Е. А. Зарницына

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: изучение принципов и методов проектирования конструкций жидкостных ракетных двигателей, их оптимизации, ознакомление и изучение существующих конструкций, ознакомление с методами расчета деталей и узлов изделий на прочность, устойчивость и колебания. Задачи дисциплины: сформировать у студентов конструкторское мышление, позволяющее создавать конструкции изделий нового поколения, анализировать и принимать оптимальные проектно-конструкторские решения как в области отдельных важных узлов конструкции, так и изделия в целом. Ознакомить с методами проектирования конструкций жидкостных ракетных двигателей, с методиками расчета деталей и узлов изделий.

Краткое содержание дисциплины

Этапы разработки агрегатов и узлов ЖРД и технической документации. Термодинамические схемы подачи ЖРД. Конструирование камеры сгорания, соплового аппарата, смесительной головки, газогенератора, турбонасосного агрегата, топливных баков, агрегатов автоматики, подачи топлива и управления вектором тяги.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
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 жидкостных ракетных двигателей; основные характеристики рабочих процессов в ЖРД
	Уметь: рассчитывать основные характеристики ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов
	Владеть: понятийным аппаратом ЖРД и ЖРДУ
ПК-2 способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы	Знать: ЕСКД при выполнении чертежей
	Уметь: применять компьютерные технологии для разработки ракетных двигателей и их отдельных узлов; конструировать ЖРД и ЖРДУ, их узлы и агрегаты; формулировать задания для расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов; выполнять расчеты и чертежи на ЭВМ
	Владеть: техникой расчета и конструирования ЖРД и ЖРДУ их узлов и агрегатов с использованием информационных технологий
ПК-4 участием в разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий и технологических процессов	Знать: виды ЖРДУ и их назначение в составе летательного аппарата
	Уметь: применять ЕСКД при выполнении чертежей основных элементов ракетных двигателей
	Владеть:

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.23 Механика жидкости и газа, Б.1.24 Термодинамика и теплопередача	Преддипломная практика (11 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Б.1.23 Механика жидкости и газа	Знать: - основные законы механики жидких сплошных сред; - методы описания жидких сплошных сред; - закономерности движения жидких сред в технических системах и устройствах; - теорию подобия; - основные методы решения инженерных задач по гидравлике. Уметь: - выбирать расчетные модели для решения гидравлических задач; - составлять алгоритмы решения гидравлических задач; - рассчитывать гидравлические потери при движении жидких сред в различных технических системах и устройствах. Владеть: - категориями и понятиями курса; - типовыми методами и алгоритмами, используемыми при решении гидравлических задач.
Б.1.24 Термодинамика и теплопередача	Знать механизмы переноса тепла, уметь рассчитывать процессы теплообмена, владеть методами анализа тепловых процессов

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 з.е., 396 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах		
		Номер семестра		
		8	9	10
Общая трудоёмкость дисциплины	396	144	108	144
<i>Аудиторные занятия</i>	176	64	48	64
Лекции (Л)	48	16	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	64	24	16	24
Лабораторные работы (ЛР)	64	24	16	24
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	220	80	60	80
Проработка лекционного материала	130	70	50	10
Сбор материала для курсового проекта дисциплины	20	10	10	0
Выполнение курсового проекта дисциплины	70	0	0	70
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	зачет	экзамен, КП

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Конструирование элементов ЖРД	3	3	0	0
2	Конструкция ЖРД	13	5	0	8
3	Конструктивные схемы ЖРД	26	5	9	12
4	Конструкция корпуса камеры сгорания	16	4	6	6
5	Сопловой аппарат	18	4	8	6
6	Конструкция блока смесительной головки	19	5	8	6
7	Конструкция газогенератора	18	4	8	6
8	Турбонасосный агрегат	30	8	8	14
9	Агрегаты автоматики ЖРД и агрегаты подачи топлива	13	4	9	0
10	Топливные баки	18	4	8	6
11	Системы управления ДУ и ее агрегаты	2	2	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Цикл создания и эксплуатации ЖРД. Технические средства автоматизации. Возможности САПР. Организация и этапы разработки элементов конструкции ЖРД. Техническая документация.	3
2	2	Конструктивные особенности ЖРД. Классификация ЖРД Требования к конструкции ЖРД Основные параметры ЖРД. Основные конструктивные элементы ПГС. Обозначение элементов ПГС. Требования к ПГС Элементы ПГС, принципиальные схемы ПГС	5
3	3	Конструктивные особенности схемы ЖРД с вытеснительной и турбонасосной подачей Элементы конструкции вытеснительной системы подачи и системы наддува. Элементы конструкции турбонасосной системы подачи. Требования к материалам. Методики расчета. Нагрузки и расчетные схемы элементов ЖРД. Конструкции КС ЖРДМТ. Схемы ПГС ЖРДМТ Конструктивные особенности камер ЖРДМТ. Материалы используемые в ЖРДУ и его элементах	5
4	4	Конструктивные особенности камеры сгорания. Отличия современных камер. Факторы влияющие на конструкцию камеры сгорания. Типы конструкции камер сгорания. Материалы, применяемые для изготовления элементов камер сгорания Конструкция элементов камеры, служащие для охлаждения. Коллекторы. Особенности конструкции пояса завесы охлаждения, коллекторов подвода компонентов топлива. Нагрузки и расчетная схема для камеры сгорания. Методика расчета на прочность камеры сгорания.	4
5	5	Конструктивные особенности соплового аппарата Методики конструирования соплового аппарата. Материалы, применяемые для изготовления элементов соплового аппарата Конструкция элементов соплового аппарата, служащие для охлаждения. Методика расчета на прочность соплового аппарата.	4
6	6	Особенности конструкции форсуночных головок. Режимы работы головки. Факторы влияющие на конструкцию форсуночных головок и форсунок. Арматура, конструкция форсунок. Коллекторы распределения компонента	5
7	7	Конструктивные особенности газогенератора. Типы газогенераторов. Факторы влияющие на конструкцию камеру газогенератора. Типы конструкции камер газогенератора. Особенности конструкции форсунок	4

		распыления, коллекторов подвода компонентов топлива. Нагрузки и расчетная схема для камеры газогенератора. Методика расчета на прочность камеры газогенератора.	
8	8	Общие требования к насосным агрегатам. Компонентные схемы турбонасосного агрегата. Конструкция шнекоцентробежного насоса и его основные параметры. Материалы Конструкция газовых турбин и их основные параметры. Материалы турбины. Нагрузки действующие на элементы конструкции. Прочность рабочих лопаток газовых турбин. Прочность дисков газовых турбин. Конструкция бустерных насосных агрегатов.	4
9	8	Конструкция уплотнений турбонасосных агрегатов, классификация и требования к ним. Материалы уплотнений. Методики расчета и конструирования уплотнений турбонасосных агрегатов Конструкции опор турбонасосных агрегатов, требования и расчетные схемы. Конструкции подшипников, требования к подшипникам и расчет на прочность. Нагрузки и расчетная схема. Понятие о критической угловой скорости. Нагрузки действующие на элементы и расчетная схема.	4
10	9	Конструкция клапанов, типы клапанов. Нагрузки действующие на элементы клапанов. Конструкция дросселя, типы дросселей. Нагрузки действующие на элементы дросселя. Конструкция регулятора типы регуляторов. Нагрузки действующие на элементы регулятора. Конструкция редуктора, типы редукторов. Нагрузки действующие на элементы редуктора. Конструкции трубопровода, шлангов, сильфонов	4
11	10	Типы баков. Заборные устройства. Элементы топливных баков Материалы, используемые в конструкции баков. Методика расчета баков на прочность	4
12	11	Системы управления конечными параметрами ЖРДУ, взаимосвязь конечных параметров Конструкции элементов управления вектором тяги. Требования к элементам управления вектором тяги. Классификация элементов управления вектором тяги.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	3	Разработка ПГС ЖРДУ. Обоснование элементов ПГС. Разработка принципиальной схемы ПГС ЖРДУ	2
2	3	Выбор и обоснование топливной пары с помощью термодинамического расчета	1
3	3	Выбор оптимального давления в камере сгорания	2
4	3	Расчет оптимального соотношения компонентов топлива в камере сгорания	2
5	3	Определение термодинамических параметров газовой смеси Газодинамический расчет идеальной камеры Определение действительных параметров камеры сгорания Определение объема камеры сгорания	2
6	4	Профилирование контура камеры сгорания	2
7	4	Определение изменения термодинамических параметров газового потока по длине камеры двигателя	2
8	4	Построение графиков зависимости степени уширения сопла от поазателя процесса расширения	2
9	5	Построение графиков изменения рабочих параметров по длине камеры сгорания	2
10	5	Расчет охлаждения камеры сгорания	2
11	5	Расчет охлаждения соплового аппарата	2

12	5	Разработка дроссельной и высотной характеристики	2
13	6	Компоновочный расчет форсуночной головки. Разработка чертежа компоновки форсуночной головки	2
14	6	Расчет двухкомпонентной форсунки. Разработка чертежа двухкомпонентной форсунки	2
15	6	Расчет однокомпонентной пристеночной форсунки Разработка чертежа однокомпонентной пристеночной форсунки	2
16	6	Расчет на прочность камеры сгорания	2
17	7	Термодинамический расчет в камере сгорания газогенератора	4
18	7	Расчет конструкции и элементов камеры газогенератора Разработка чертежей конструкции газогенератора и его элементов	4
19	8	Компоновка и расчет основных параметров ТНА	2
20	8	Расчет и конструктивная проработка шнеко-центробежного насоса	2
21	8	Расчет и конструктивная проработка газовой турбины	2
23	8	Разработка конструкции дросселя	2
22	9	Расчет усилий в конструкции клапана	2
24	9	Разработка конструкции редуктора	3
25	9	Расчет и разработка конструкции фланцевого соединения	4
26	10	Определение объема топливных бака	2
27	10	Компоновка и конструирование баков и его элементов	6

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Изучение ПГС ЖРДУ с турбонасосной подачей компонентов топлива на примере ДУ 4К-55	4
2	2	Изучение ПГС ЖРДУ с вытеснительной подачей компонентов топлива на примере ДУ 11Д430	4
3	3	Изучение конструкции ЖРД изделия 8К84	6
4	3	Изучение конструкции ЖРД изделия 8К84	6
5	4	Изучение конструкции ЖРДУ 11Д58	6
6	5	Изучение конструкции ЖРДУ С5.35	6
7	6	Конструкция блока смесительной головки	6
8	7	Конструкция газогенератора	6
9	8	Изучение конструкции ТНА на примере ТНА ЖРД С5.35	5
10	8	Изучение конструкции ТНА на примере 8К84	5
11	8	Изучение конструкции ТНА на примере 11Д58	4
15	10	Изучение конструкции баков и арматуры на примере ЖРДУ ракеты УР-100	6

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Проработка лекционного материала	См. основную и дополнительную литературу	130
Сбор материала для курсового проекта дисциплины	См. основную и дополнительную литературу	20

Выполнение курсового проекта дисциплины	См. 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 образцов изделий УЦ РКТ	64
Работа в малых группах	Практические занятия и семинары	Изучение образцов изделий УЦ РКТ	64

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
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	-
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	Зачет 8, 9 семестры	-
Все разделы	ПК-2 способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы	Курсовой проект	-
Все разделы	ПК-4 участием в разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий и технологических процессов	Курсовой проект	-
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	Экзамен	-

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Курсовой проект	Защита К.П. перед комиссией (в состав комиссии входят зав. каф., ППС кафедры - 3 чел.). Оценка формируется из оценок доклада и ответов на вопросы (арифметическое среднее)	<p>Отлично: За доклад: доклад производит выдающееся впечатление и четко выстроен; автор прекрасно ориентируется в демонстрационном материале; показано владение специальным аппаратом; использованы общенаучные и специальные термины, сделаны четкие выводы. За ответы: ответы построены логически верно; обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры.</p> <p>Хорошо: За доклад: доклад четко выстроен, но есть неточности; автор ориентируется в демонстрационном материале; показано владение специальным аппаратом; использованы общенаучные и специальные термины, сделаны выводы. За ответы: ответы построены логически верно; представлены различные подходы к проблеме, но их обоснование недостаточно полно; выдвигаемые положения обоснованы, однако наблюдается непоследовательность анализа; выводы правильны</p> <p>Удовлетворительно: За доклад: доклад объясняет суть работы, но не полностью отражает содержание работы; представленный демонстрационный материал не полностью используется докладчиком и/или оформлен неграмотно; показано владение базовым аппаратом; выводы имеются, но не доказаны. За ответы: ответы недостаточно логически выстроены; в плане ответов соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются.</p> <p>Неудовлетворительно: За доклад: доклад не объясняет суть работы, демонстрационный материал при докладе не используется; не показано владение специальным и базовым аппаратом; выводы не доказаны. За ответы: не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответы содержат ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны.</p>
Зачет 8, 9 семестры	Письменный ответ на один вопрос КТ-1, КТ-2, КТ-3 в течение семестров. Время подготовки 45 минут. Возможны наводящие вопросы	<p>Зачтено: обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры</p> <p>Не зачтено: не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд</p>

		серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны
Экзамен	Письменные ответы на вопросы: билет состоит из 3 вопросов А1, А2, А3. Время подготовки 60 минут. Возможны дополнительные вопросы	<p>Отлично: ответ построен логически верно; обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны содержательные выводы; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы</p> <p>Хорошо: ответ построен логически верно; представлены различные подходы к проблеме, но их обоснование недостаточно полно; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, однако наблюдается непоследовательность анализа; выводы правильны; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы.</p> <p>Удовлетворительно: ответ недостаточно логически выстроен; в плане ответа соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются; продемонстрировано знание обязательной литературы</p> <p>Неудовлетворительно: не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы</p>

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Курсовой проект	<p>Примерная тематика курсовых проектов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проектирование маршевого РДТТ второй ступени баллистической ракеты морского базирования 2. Проектирование ракетного двигателя малой тяги и разработка пневмогидравлической схемы двигательной установки блока ориентации космического летательного аппарата 3. Проектирование перспективного жидкостного ракетного двигателя для кислородно-водородного разгонного блока КВРБ 4. Проектирование РДМВ на высококипящих компонентах топлива для разгонного блока с автономной системой поддержания соотношения расходов компонентов топлива 5. Проектирование РД разгонного блока на компонентах водород-кислород 6. Проектирование РД разгонного блока на компонентах метан-кислород 7. Проектирование ЖРД первой ступени на самовоспламеняющихся компонентах 8. Проектирование ДУ второй ступени на криогенных компонентах топлива 9. Проектирование окислительного газогенератора

	<p>10. Проектирование восстановительного газогенератора 11. Проектирование РДТТ стабилизации ракеты 12. Проектирование РДТТ первой ступени тягой 13. Проектирование стартового РДТТ 14. Проектирование сверхзвукового газогенератора с центральным каналом для подвода присадочного вещества на газообразных компонентах смесь пропан-бутановая – воздух 15. Проектирование гибридного двигателя для КЛА.</p>
<p>Зачет 8, 9 семестры</p>	<p>Текущий контроль 1 (КТ-1) 1 Какие составные элементы необходимы для создания реактивной силы? 2 Из каких основных частей состоит ДУ? 3 По каким признакам подразделяются ракетные двигатели и ракетные ДУ? 4 В чем состоят преимущества объединенных ДУ? 5 Какие основные узлы и агрегаты входят в состав ЖРД и ЖРДУ? 6 В чем заключаются достоинства схем двигателей с вытеснительной подачей? 7 В каких областях применяются двигатели с вытеснительной подачей? 8 Какие имеются пути повышения эффективности двигателей с вытеснительной подачей? 9 В чем состоят основные преимущества двигателей с насосной подачей? 10 Назовите главные особенности двигателей без дожигания и с дожиганием? 11 Какие существуют разновидности двигателей без дожигания и с дожиганием? 12 Что представляет собой пневмогидросхема двигателя? 13 Что такое структурная схема двигателя? Текущий контроль 2 (КТ-2) 1 В чем состоит сложность режимов запуска и останова двигателя? 2 Какие параметры характеризуют запуск и останов? 3 Назовите этапы, из которых складывается режим запуска? 4 Назовите этапы, из которых складывается режим останова? 5 Как особенности и вид компонентов влияют на этапы режима запуска? 6 Назовите схемы раскрутки турбины при запуске? 7 Какие имеются схемы зажигания несамовоспламеняющихся компонентов? 8 Чем можно уменьшить разброс импульса последствия? 9 Назовите составные части камеры двигателя? 10 Какие имеются конструктивные схемы охлаждающих трактов? 11 Как можно изготовить охлаждающие тракты? 12 Какие особенности характерны для конструкции головки камеры однокомпонентных ЖРДМТ? 13 Чем каталитическое разложение отличается от термического? 14 Какие трудности применения регенеративного охлаждения характерны для ЖРДМТ? 15 Назовите достоинства и ограничения применения абляционного и лучистого охлаждения камер ЖРДМТ? 16 Перечислите особенности конструкции, характерные для камер ЖРДМТ с пленочным охлаждением? 17 Какие виды комбинированного охлаждения применяют в камерах ЖРДМТ? 18 Назовите виды головок, применяемых в камерах ЖРДМТ? 19 Какие характерные особенности можно привести для пакетов катализатора камер ЖРДМТ? 20 С какой целью применяется термоизоляция топливного клапана от головки камеры ЖРДМТ и как она обеспечивается? 21 Чем ограничивается ресурс однокомпонентных ЖРДМТ? 22 С какой целью применяется электроподогрев продуктов разложения ЖРДМТ и как он обеспечивается? Текущий контроль 3 (КТ-3) 1 Из каких основных деталей и элементов состоит конструкция головки? 2 Назовите конструктивные схемы форсунок?</p>

- 3 Как располагаются форсунки на смесительной головке?
- 4 Какие могут быть особенности распределения компонентов по полостям головки?
- 5 Какие особенности имеют конструкции головок?
- 6 Перечислите меры позволяющие снизить импульс последствия?
- 7 В чем состоят особенности пайки камеры?
- 8 Когда могут использоваться пояса завесы охлаждения?
- 9 Из каких соображений выбираются число поясов завесы и расходы через них?
- 10 Какие конструкции поясов завесы распространены и в чем состоят их особенности?

11 Какие имеются конструктивные схемы входных коллекторов и схемы их расположения?

Текущий контроль 4 (КТ-4)

- 1 Чем отличаются восстановительные ЖГГ двигателей от окислительных?
- 2 В каких случаях лучше использоваться восстановительные ЖГГ, а в каких окислительные?
- 3 Какие проблемы решаются при разработке восстановительных и окислительных ЖГГ двигателей?
- 4 Чем отличаются по конструкции и распределению температуры по длине двухзонные и однозонные ЖГГ двигателей?
- 5 Какие основные режимы работы камеры рассматриваются при ее расчете на прочность и какие нагрузки соответствуют каждому из этих режимов?
- 6 Перечислите основные допущения при расчете связанных оболочек камеры на общую несущую способность?
- 7 Каковы особенности расчетных схем подкрепленных оболочек оболочек, а также связанных оболочек с редкими и частыми связями при их расчете на местную прочность?
- 8 Как условия закрепления форсуночного блока влияют на распределение в нем окружных и радиальных напряжений?
- 9 Перечислите основные типы компоновочных схем ТНА. Какие факторы влияют на выбор типа компоновочной схемы?
- 10 Укажите возможные способы соединения рабочих лопаток и дисков газовых турбин ТНА. Какие критерии лежат в основе выбора способа соединения?
- 11 Какие способы центрирования корпусов насосов и турбины являются предпочтительными в случае существенного различия температур при работе ТНА?
- 12 Какие требования предъявляются к конструкции уплотнений роторов ТНА ?
- 13 Перечислите возможные способы компенсации осевых сил на роторе ТНА?
- 14 Рабочая лопатка осевой газовой турбины имеет постоянное поперечное сечение вдоль радиуса, как изменится напряжение σ_r в коревом сечении, если:
 - а) вместо жаропрочной стали использовать титановый сплав?
 - б) не меняя конструкционный материал, вдвое увеличить площадь поперечного сечения F ?
- 15 Какими способами можно уменьшить значения напряжений изгиба от газовых сил в лопатке осевой газовой турбины?
- 16 Как влияет центральное отверстие в диске турбины на распределение напряжений в нем от центробежных сил?
- 17 В зависимости от соотношения значений каких параметров принято разделять валы ТНА на «жесткие» и «гибкие» при расчете критических угловых скоростей вращения?
- 18 Почему при прямой прецессии ротора его частоты собственных изгибных колебаний возрастают с увеличением ω , а при обратной прецессии падают?

Текущий контроль 5 (КТ-5)

- 1 В чем состоят основные функции клапанов ?
- 2 Какие известны системы привода клапанов в зависимости от кратности их срабатывания?
- 3 В чем состоят особенности пуско-отсечных клапанов?
- 4 В чем состоят особенности пиропривода и когда он применяется?

	<p>5 назовите особенности конструкции мебранных клапанов? 6 Назовите особенности конструкции однократных и многократных клапанов? 7 В чем состоит разница между дросселями и регуляторами? 8 Перечислите особенности регуляторов прямого действия? 9 В чем состоят особенности регуляторов непрямого действия? 10 Назовите основные элементы, из которых состоит регулятор? 11 Какие функции выполняет автоматика двигателя?</p>
Экзамен	<p>A1</p> <p>1 Классификация типов соединения 2 Управление вектором тяги-схемы управления для одно- многокамерной ДУ 3КС ЖРД (назначение, особенности) 4Классификация форм КС ЖРД, краткие особенности 5 Виды охлаждающего тракта (особенности, конструктивные решения) 6 Сопла ЖРД (назначение, особенности) 7 Классификация форм сопловых аппаратов ЖРД (схемы, особенности) 8 Потери в тракте соплового аппарата 9 Особенности работы штыревого сопла 10 Особенности работы тарельчатого сопла 11 Головки камер сгорания (назначение, типы, особенности) 12 Типы размещения форсунок на головке (особенности) 13 Охлаждение ЖРД (способы охлаждения) 14 Факторы влияющие на охлаждение 15 Этапы запуска ЖРД 16 Разновидности характеров запуска и их особенности 17 Останов ЖРД, особенности, этапы останова 18 Раскрутка ТНА – классификация методов раскрутки ТНА, схемы, собенности 19 Зажигание и воспламенение компонентов, характеристики зажигания 20 Способы зажигания несамовоспламеняющихся компонентов 21 Захолаживание двигателя перед запуском (назначение, особенности) 22 Способы и виды захолаживания 23 Автоматика ЖРД, назначение и функции автоматики ЖРД 24 Устройства автоматики ЖРД (клапаны, приводы, дроссели, регуляторы – назначение, особенности) 25 Регуляторы тяги (назначение, схема регулятора) 26 Типы регуляторов тяги 27 Схемы регулирования тяги двигателя 28 Схемы регулирования соотношения компонентов топлива 29 Наддув баков(назначение, особенности) 30 Классификация систем наддува (схемы. пояснения) 31 Внутренне охлаждение (способы, схемы) 32 Запуск ЖРД, характеристики, особенности</p> <p>A2</p> <p>1. Основные вопросы, решаемые при проектировании камеры сгорания ЖРД. Особенности работы камеры. Характеристики камеры. 2. Выбор формы камеры ЖРД. Основные факторы, влияющие на выбор формы. 3. Выбор объёма камеры сгорания. Параметры, используемые при определении объёма. Определение геометрических размеров цилиндрической камеры сгорания. 4. Узел оболочек камер сгорания ЖРД. Виды силовых схем. 5. Камеры сгорания с независимо работающими оболочками. Пример конструктивно-компоновочной схемы. 6. Связывание оболочек ЖРД посредством выштамповок. Области применения данной схемы связывания. 7. Связывание оболочек ЖРД посредством гофр. Фрезерованные оболочки. 8. Трубочатые конструкции камер сгорания ЖРД. 9. Материалы, применяемые для оболочек камер. 10. Особенности проектирования силовых элементов узла оболочек камеры сгорания</p>

ЖРД (кольца жёсткости, входные коллекторы, подводящие трубопроводы, неохлаждаемые участки сопел)

11. Узлы плёночных завес камер ЖРД.
12. Узел головки камер сгорания ЖРД. Требования. Классификация смесительных головок. Силовые схемы смесительных головок.
13. Требования, предъявляемые к размещению форсунок на головке. Крепление форсунок на головке.
14. Элементы узла головки (дефлектор, антидетонационные перегородки, подкрепляющие перегородки)
15. Общая несущая способность узла оболочек цилиндрической части камеры сгорания. Проверочный расчёт.
16. Оценка прочности винтовых (кольцевых) и продольных связей на режиме гидроопрессовки камеры ЖРД.
17. Прочность винтовых (кольцевых) и продольных связей оболочек камеры на рабочем режиме (для упругого и пластичного состояний).
18. Местная прочность оболочек камер винтового и продольного связываний.
19. Определение общей устойчивости камеры на режиме гидроопрессовки и рабочем режиме.
20. Определение местной устойчивости камеры.
21. Расчёт на прочность узлов крепления камеры сгорания (на примере расчёта кронштейна)
22. Основные параметры и характеристики газогенераторов.
23. Однокомпонентные газогенераторы. Способы разложения компонента. Виды катализаторов, их характеристики.
24. Конструктивные схемы перекисных газогенераторов.
25. Конструктивные схемы гидразивных газогенераторов.
26. Газогенераторы на НДМГ.
27. Двухкомпонентные газогенераторы. Требования, предъявляемые к двухкомпонентным газогенераторам.
28. Конструктивные схемы двухкомпонентных однозонных газогенераторов.
29. Конструктивные схемы двухкомпонентных двухзонных газогенераторов.
30. Топливные баки. Требования к конструкции. Формы топливных баков.
31. Устройство топливных баков.
32. Заборные устройства топливных баков.
33. Системы подачи топлива в условиях невесомости.
34. Материалы топливных баков.
35. Расчёт обечаек топливных баков.
36. Методика определения толщины днищ топливных баков
37. Массовые характеристики топливных баков.

А3

- 1 Достоинства и недостатки однороторных схем ТНА
- 2 Классификация нагрузок действующих на элементы ТНА
- 3 Понятие о критической угловой скорости ротора ТНА
- 4 Что подразумевает отстройка от резонансных режимов
- 5 Что подразумевает демпфирование колебаний ротора
- 6 Условие возникновения статической неуравновешенности ротора
- 7 Условие возникновения моментной неуравновешенности ротора
- 8 Условие возникновения динамической неуравновешенности ротора
- 9 Основные требования, предъявляемые к ТНА. Характеристики качества конструкции.
10. Компонентные схемы однороторных ТНА. Критерии выбора компонентных схем. Достоинства и недостатки.
11. Формы колёс центробежных насосов. Чем обусловлен выбор. Характеристики центробежного насоса.
12. Конструктивные меры улучшения антикавитационных характеристик центробежного колеса.

- | | |
|--|---|
| | <p>13. Конструктивные схемы колёс центробежных насосов. Области применения колёс различных конструкций.</p> <p>14. Осевые насосы. Особенности применения. Характеристики. Конструктивные схемы осевых колёс, шнеков.</p> <p>15. Струйные насосы. Области применения. Методика определения основных параметров.</p> <p>16. Газовые турбины. Типы турбин. Области применения различных видов турбин. Основные параметры.</p> <p>17. Характеристики активных и реактивных одноступенчатых турбин.</p> <p>18. Центростремительные турбины. Основные параметры. Области применения. Колесо центростремительной турбины.</p> <p>19. Конструктивные схемы газовых турбин. Характеристики турбин.</p> <p>20. Потери в одноступенчатой активной турбине.</p> <p>21. Типы соединения диска турбины с валом.</p> <p>22. Типы соединения лопаток с диском турбины.</p> <p>23. Основные требования к уплотнениям ТНА, классификация.</p> <p>24. Уплотнения ТНА контактного типа:</p> <p>25. Манжетные уплотнения ТНА. Области применения. Конструктивные схемы. Материалы, технические требования к поверхностям контакта.</p> <p>26. Конструкции торцевых уплотнений. Достоинства и недостатки. Материалы.</p> <p>27. Конструкции уплотнений с упругими кольцами. Области применения.</p> <p>28. Бесконтактные уплотнения ТНА:</p> <p>29. Конструкции статических бесконтактных щелевых и лабиринтных уплотнений.</p> <p>30. Конструкции гидродинамических радиальных уплотнений. Области применения.</p> <p>31. Комбинированные уплотнения ТНА.</p> <p>32. Опоры качения ТНА. Подшипники качения. Особенности работы. Материалы. Схемы установки двухопорных валов. Достоинства и недостатки подшипников качения.</p> <p>33. Гидростатические и гидродинамические подшипники.</p> <p>34. Оценка осевых сил на шнекоцентробежном насосе.</p> <p>35. Оценка осевых сил на рабочем колесе газовой турбины.</p> <p>36. Оценка осевых сил на диске гидродинамического уплотнения.</p> <p>37. Виды нагрузок, действующих на элементы конструкции ТНА.</p> <p>38. Растяжение лопатки турбины центробежными силами.</p> <p>39. Изгиб лопатки турбины газодинамическими силами. Определение напряжений.</p> <p>40. Изгиб лопатки турбины центробежными силами. Определение напряжений.</p> <p>41. Критическая угловая скорость ротора ТНА.</p> <p>42. Прецессия ротора ТНА.</p> <p>43. Отстройка вала от резонансных режимов. Демпфирование колебаний ротора.</p> <p>44. Компенсация осевых сил ротора ТНА.</p> |
|--|---|

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Алемасов, В. Е. Теория ракетных двигателей Учебник для вузов Под ред. В. П. Глушко. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 464 с. ил.
2. Беляев, Н. М. Расчет пневмогидравлических систем ракет. - М.: Машиностроение, 1983. - 219 с. ил.
3. 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.

б) дополнительная литература:

1. Абианц, В. Х. Теория авиационных газовых турбин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 246 с. ил.
2. Базаров, В. Г. Динамика жидкостных форсунок. - М.: Машиностроение, 1979. - 135 с. Ил.
3. Боровский, Б. И. Энергетические параметры и характеристики высокооборотных лопастных насосов. - М.: Машиностроение, 1989. - 181 с. ил.
4. Бугаенко, В. Ф. Пневмоавтоматика ракетно-космических систем В. Ф. Бугаенко; Под ред. В. С. Будника. - М.: Машиностроение, 1979. - 168 с. ил.
5. Салич, В. Л. Жидкостные ракетные двигатели малой тяги Текст учеб. пособие В. Л. Салич, А. А. Шмаков, С. Д. Ваулин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Двигатели летат. аппаратов, Учеб. Центр ракетно-космич. техники им. акад. В. П. Макеева ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2006. - 50 с. ил.
6. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели: Основы проектирования Учеб. пособие для вузов. - М.: Машиностроение, 1968. - 395,[1] с. ил.

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Не предусмотрены

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 доступ)
1	Дополнительная литература	Соломонов Ю.С., Липанов А.М., Алиев А.В., Дорофеев А.А. Твердотопливные регулируемые двигательные установки	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Чернышев А.В. Расчет и конструирование агрегатов пневматических и пневмогидравлических систем. Пневмосистемы. Источники сжатого газа	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Авторизованный
3	Основная литература	Библиотека УЦ РКТ	Учебно-методические материалы	ЛокальнаяСеть / Авторизованный

		кафедры	
--	--	---------	--

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	306 (2)	ПК, проектор, экран
Практические занятия и семинары	110 (2)	ПК, проектор, экран
Лабораторные занятия	100 (2в)	Стенды, макеты, техническое описание