

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) **Юнаков Л. П.**
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

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

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ _____

Левихин Артем Алексеевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

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

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

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-5 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-5

знания:

основные теоретические и практические понятия и сведения, которые относятся к расчету и проектированию ракетных двигателей на химическом топливе;;

умения:

определить тягу, удельный импульс и другие удельные и термодинамические характеристики ракетного двигателя и двигательной установки на его основе;

рассчитать основные геометрические характеристики камеры ЖРД, как основного силового элемента ДУ;;

навыки:

проведения расчетов основных параметров и характеристик ЖРД;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ПСК-1.7 — Способен производить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующих двигателей летательных аппаратов и их элементов

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5
4	7	Раздел 1. Физические принципы, основные параметры и характеристики ракетных двигателей. 1.1 Тяга камеры РД. Составляющие тяги. Выражение тяги через газодинамические функции. 1.2 Удельные параметры камеры РД: удельный импульс, расходный комплекс. Удельный импульс и тяга РД. 1.3 Характеристики РД: дроссельная и расходная характеристики камеры РД и РД в целом; высотная характеристика; характеристика по составу топлива.	37	14	7	7	23	30
4	7	Раздел 2. Анализ работы РД с учетом реальных условий протекания процессов. 2.1 Системы коэффициентов для учета реальных условий протекания процессов. 2.2 Закон сохранения энергии применительно к камере РД. 2.2 Методы определения теоретических параметров камеры РД: аналитический метод, графический метод, графоаналитический метод. 2.3 Учет тепловых потерь при работе РД. 2.4 Влияние конденсированной фазы на импульсные характеристики РД. 2.5 Нарушение изобаричности процессов в КС. 2.6 Влияние неравномерности распределения компонентов топлива по сечению камеры на импульсные характеристики РД.	33	6	3	3	27	35
4	7	Раздел 3. Сопла ракетных двигателей. 3.1 Назначение и типы сопел. 3.2 Энергетические и геометрические характеристики сопла. Общие задачи профилирования сопла. 3.3 Профилирование дозвуковой части круглого осесимметричного сопла. 3.4 Профилирование сверхзвуковой части круглого осесимметричного сопла. 3.5 Построение оптимального контура круглого осесимметричного сопла при заданных ограничениях. 3.6 Особенности импульсных характеристик штыревых и тарельчатых сопел.	38	14	7	7	24	35
Всего за 7 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Физические принципы, основные параметры и характеристики ракетных двигателей.	Определение удельных характеристик РД различного назначения	3
2		Определение тяги камеры РД различного назначения	4
3	Раздел 2. Анализ работы РД с учетом реальных условий протекания процессов.	Аналитический метод расчета теоретических параметров РД	3
4	Раздел 3. Сопла ракетных двигателей.	Профилирование сверхзвуковой части круглого осесимметричного сопла	7
Всего за 7 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Физические принципы, основные параметры и характеристики ракетных двигателей.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	15
2		Проработка материалов практических занятий	8
3	Раздел 2. Анализ работы РД с учетом реальных условий протекания процессов.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	23
4		Проработка материалов практических занятий	4
5	Раздел 3. Сопла ракетных двигателей.	Проработка материалов практических	4

6		занятий	20
		Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	
Всего за 7 семестр			74

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7						ДР				ДР			Контр.Р.		Отч. по ПЗ	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

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

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Дорофеев. . Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014, эл. рес.
2. А. А. Дорофеев. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014, эл. рес.
3. Б. Т. Ерохин. Теория и проектирование ракетных двигателей. СПб.: Лань, 2015, эл. рес.
4. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Двигатель.

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

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

Современные профессиональные базы данных:

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

Информационные справочные системы:

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

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

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

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

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

6.2. Практические занятия:

1. Плакаты принципиальных схем различных РД;
2. Плакаты с изображением конструктивных схем элементов РД общего и специального назначения;
3. Препарированные натурные образцы отдельных элементов РД..

6.3. Прочее:

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

Аннотация рабочей программы

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

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-5 способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением теории, расчета и проектирования ракетных и реактивных двигателей на химическом топливе, тенденций развития и путей их совершенствования.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Физические принципы, основные параметры и характеристики ракетных двигателей.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Дорофеев. . Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014 (1) Б. Т. Ерохин. Теория и проектирование ракетных двигателей: СПб.: Лань, 2015 (1, 2) М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1, 6)	15
Проработка материалов практических занятий		8
Итого по разделу 1		23
Раздел 2. Анализ работы РД с учетом реальных условий протекания процессов.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (3, 4) А. А. Дорофеев. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014 (2)	23
Проработка материалов практических занятий		4
Итого по разделу 2		27
Раздел 3. Сопла ракетных двигателей.		
Проработка материалов практических занятий	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (2) А. А. Дорофеев. . Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014 (2)	4
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе		20
Итого по разделу 3		24

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

Отчет по практическому заданию

После получения исходных данных оформляется отчет с обработкой исходных данных.

Оценивается правильность и адекватность полученных зависимостей, а также качество оформления отчета. Отчет подлежит защите.

0 – отчет не сделан и не сдан

10 – отчет оформлен без ошибок, но не защищен

20 – отчет оформлен без ошибок и защищен преподавателю

Контрольная работа

Контрольная работа содержит семь задач и оценивается с помощью системы оценок «зачтено», «не зачтено». «Зачтено» выставляется при правильном решении пяти и более задач контрольной работы.

Контрольные задачи входят в состав УМК дисциплины.

Вопросы к экзамену

1. Тяга камеры ракетного двигателя.
2. Вывод формулы тяги камеры двигателя в пустоте.
3. Тяга камеры в атмосфере.
4. Составляющие тяги камеры ракетного двигателя.
5. Выражение тяги камеры через газодинамические функции.
6. Удельный импульс камеры сгорания.
7. Расходный комплекс камеры РД.
8. Тяговый комплекс камеры РД.
9. Количественная оценка докритической (дозвуковой) составляющей тяги.
10. Количественная оценка сверхкритической (сверхзвуковой) составляющей тяги.
11. Дроссельная характеристика камеры РД.
12. Расходная характеристика камеры РД.
13. Дроссельная характеристика ракетного двигателя.
14. Регулирование тяги по дроссельной (расходной) характеристике РД.
15. Высотная характеристика камеры РД.
16. Высотная характеристика идеальнорегулируемого сопла.
17. Определение оптимального давления на срезе нерегулируемого сопла.
18. Характеристика РД по составу топлива.
19. Системы коэффициентов для оценки совершенства рабочего процесса в камере РД.
20. Общая форма уравнения сохранения энергии применительно к камере РД.
21. Аналитический метод расчета теоретических параметров РД.
22. Графический метод определения теоретических параметров РД.
23. Графоаналитический метод определения теоретических параметров РД.
24. Влияние теплообмена между компонентами топлива в баках и окружающей средой на импульсные характеристики камеры.
25. Независимое охлаждение камеры РД.

26. Регенеративное охлаждение камеры РД.
27. Равновесное движение двухфазного рабочего тела по соплу РД.
28. Отсутствие механического взаимодействия между фазами и его влияние на импульсные характеристики РД.
29. Отсутствие теплообмена между фазами и его влияние на импульсные характеристики РД.
30. Неравновесное движение двухфазного рабочего тела по соплу РД.
31. Нарушение изобаричности процессов в камере сгорания.
32. Влияние неравномерности распределения компонентов топлива по сечению камеры РД на импульсные характеристики.
33. Назначение и типы сопел РД. Общие задачи профилирования сопла.
34. Автомодельные и неавтомодельные режимы работы сопла.
35. Оптимальный режим работы сопла.
36. Геометрические характеристики круглого осесимметричного сопла (сопла Лавалья).
37. Коэффициент расхода сопла.
38. Особенности профилирования дозвуковой части круглого осесимметричного сопла.
39. Физическая картина течения газа в сверхзвуковой части сопла Лавалья.
40. Потери на трение в сверхзвуковой части круглого осесимметричного сопла.
41. Потери на рассеяние в круглом осесимметричном сопле.
42. Построение оптимального контура сверхзвуковой части сопла заданной массы.
43. Построение оптимального контура сверхзвуковой части сопла на заданную степень расширения.
44. Построение оптимального контура сверхзвуковой части сопла заданной длины.
45. Построение оптимального контура сверхзвуковой части сопла заданной массы.

Экзамен

Экзамен может проходить в виде тестирования (только для получения оценки «удовлетворительно»), либо ответов на вопросы экзаменационного билета. Для получения оценки «удовлетворительно» достаточно при выполнении тестирования правильно ответить на 60% вопросов теста. Для получения более высокой оценки требуется сдать экзамен, отвечая на вопросы экзаменационного билета. В экзаменационном билете два вопроса и одна задача. Оценивается правильность решения задачи, а также полнота и правильность ответов по билету. Оценка «удовлетворительно»: правильно решена задача и полнота ответа на вопросы билета: 60-80% по каждому вопросу. Оценка «хорошо»: правильно решена задача и полнота ответа на вопросы билета: не менее 80% по каждому вопросу. Оценка «отлично»: правильно решена задача и полнота ответа на вопросы билета: не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса из списка со степенью полноты ответа не менее 50% по каждому. При невыполнении ни одного из вышеперечисленных условий, студент получает оценку "неудовлетворительно". Экзаменационные билеты входят в состав УМК дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

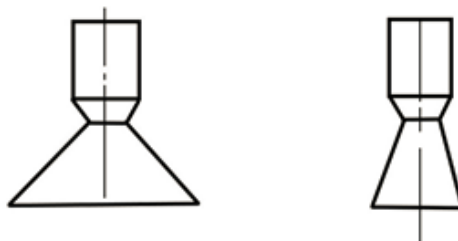
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5	
4	7	Раздел 1. Физические принципы, основные параметры и характеристики ракетных двигателей.	37	14	7	7	23	30	Контрольная работа, Вопросы к экзамену, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 2. Анализ работы РД с учетом реальных условий протекания процессов.	33	6	3	3	27	35	Контрольная работа, Вопросы к экзамену, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 3. Сопла ракетных двигателей.	38	14	7	7	24	35	Контрольная работа, Вопросы к экзамену
Всего за 7 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

Критерии оценивания

ОПК-5

Вопросы открытого типа:

- № 1 Укажите величину минимального соотношения между площадью камеры сгорания и площадью критического сечения в камере ЖРД для обеспечения изобарных условий протекания внутрикамерных процессов? Дайте развернутый ответ.
- № 2 Как по внешним геометрическим соотношениям определить назначение камеры ЖРД ракеты-носителя?



- № 3 Какой фактор определяет идеальную скорость ракеты при разных двигателях. Выберите правильный ответ и обоснуйте ваш выбор.

род топлива;

удельный импульс;

масса двигателя;

запас топлива.

- № 4 Какому коэффициенту соответствуют представленные выражения?

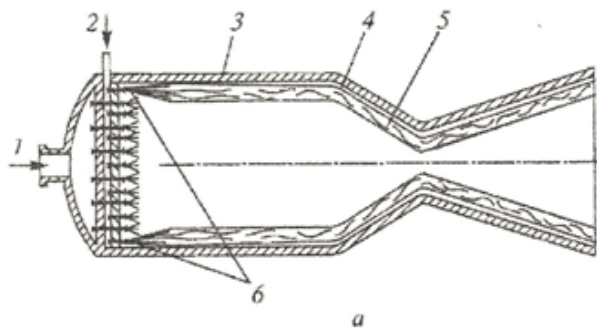
$$\begin{aligned} \text{а) } & \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} * \frac{1+\lambda_a^2}{\lambda_a}; \\ \text{б) } & 1 + \frac{\delta P_{\text{докр}}}{P_k * F_*} + \frac{\delta P_{\text{закр}}}{P_k * F_*} \\ \text{в) } & \frac{P^n}{P_k * F_*} \end{aligned}$$

- № 5 Какая из нижеприведённых формул для определения удельного импульса камеры ЖРД первой ступени не верна. Приведите аргументы, обосновывающие ваш выбор.

$$\begin{aligned} I_{\text{уд}} &= \frac{P}{\dot{m}} = W_a + \frac{F_a}{\dot{m}} (P_a - P_n); \\ I_{\text{уд}} &= \varepsilon(\lambda_{\text{кр}}) z(\lambda_a) \frac{\sqrt{RT_k}}{\sqrt{n} \left(\frac{2}{n+1} \right)^{\frac{(n+1)}{2(n-1)}}} - \frac{P_n F_a}{P_k F_*} \beta; \\ I_{\text{уд}} &= W_a + \frac{P_n F_a}{\rho_a F_* W_a} \left(1 - \frac{P_n}{P_a} \right); \\ I_{\text{уд}} &= \beta * \varepsilon(\lambda_*) * z(\lambda_a) \end{aligned}$$

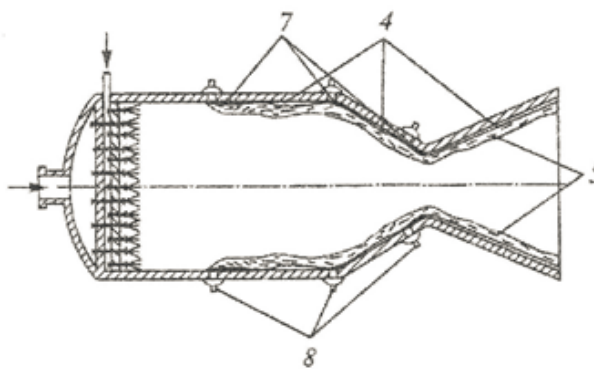
- № 6 На рисунке представлена схема пристеночного слоя для внутреннего охлаждения. Укажите цифру, которая указывает на периферийные форсунки. Поясните их

назначение.



№ 7

На рисунке представлена схема пристеночного слоя для внутреннего охлаждения. Укажите цифру, которая указывает на пояса завесы. Поясните ее назначение.



№ 8

Каким свойством должен обладать теплозащитный слой?

№ 9

Что такое «геометрическая степень расширения сопла» ?

№ 10

Как изменится скорость истечения рабочего тела из сопла на критическом режиме при повышении давления окружающей среды? Дайте развёрнутый обоснованный ответ.

Вопросы закрытого типа:

№ 1

Выберете один или несколько правильных ответов:

Жидкостной ракетный двигатель малой тяги – это ракетный двигатель с тягой:

А) 0,01...1600 Н

Б) 1...160000 Н

В) 1...1600 Н

№ 2

Соотношение скорости впрыска топлива в КС к скорости истекающего потока рабочего тела на срезе сопла w_0/w_a :

А) ≤ 1

Б) ≥ 1

В) $\ll 1$

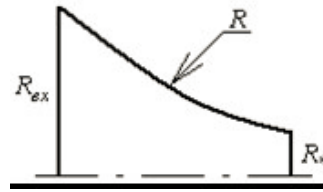
№ 3

На рисунке изображены различные типы сопел камеры двигателя.

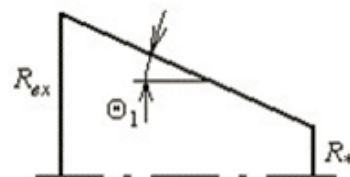
Соотнесите тип сопла на иллюстрации с названием:

1. радиусно-коническое сопло
2. коническое сопло
3. сопло Витошинского

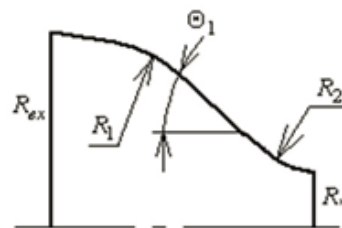
а)



б)



в)



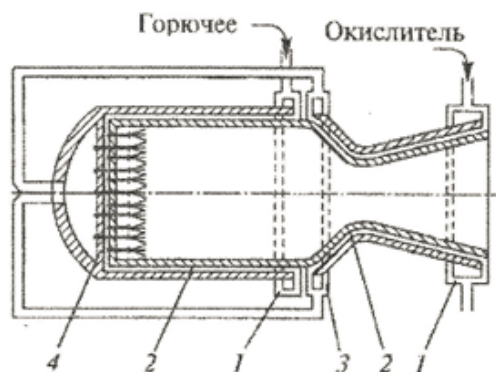
№ 4

В жидкостном ракетном двигателе без дожигания генераторного газа тяга двигателя $P_{дв}$ равна:

- 1) $P_{дв} = P_k + P_{гг}$
- 2) $P_{дв} = P_k$
- 3) $P_{дв} = P_k - P_{гг}$

№ 5

На рисунке изображена схема наружного охлаждения ЖРД. Соотнесите название элемента и цифру, указанную на схеме наружного охлаждения:



А – форсуночная головка

Б – выходной коллектор

В – входной коллектор

Г – охлаждающий тракт

№ 6 С точки зрения преобразования химической энергии, наилучшим будет то топливо, в составе продуктов сгорания которого содержится больше:

- многоатомных газов

- многоатомных и малоатомных газов

- одноатомных и малоатомных газов

№ 7

В камере ракетного двигателя, работающего на топливе «углеводородное горючее+кислород», коэффициент избытка окислителя α :

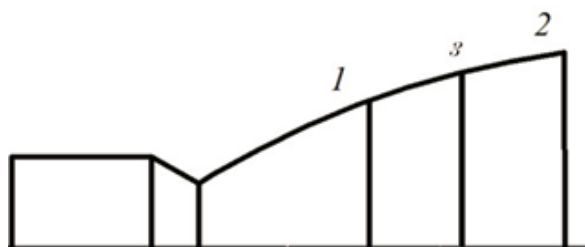
< 1

$= 1$

> 1

№ 8

На представленной схеме камеры ракетного двигателя с разной длиной сопла укажите вариант сопла, который будет более выгодно использовать при работе у земли. Ответ обоснуйте.



№ 9

Для профилированных сопел опасность отрыва пограничного слоя от стенки сопла возникает в случае, когда отношение давлений P_a/P_n равно:

0,1...0,2

0,2...0,3

0,3...0,4

0,4...0,5

№ 10

На представленном графике укажите кривую, представляющую удельный импульс $I_{уд}$:

- А) ЖРД открытой схемы;
- Б) ЖРД закрытой схемы;
- В) камеры ракетного двигателя;

