

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕР РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
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	85	51	0	34	23	0	0	23	зач.

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: 2026

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Левихин Артем Алексеевич, к.т.н., доцент, декан

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

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕР 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:

ПК-4 — Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

ПК-5 — Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-4

знания:

- основные теоретические и практические понятия и сведения, которые относятся к расчету и проектированию камер ракетных двигателей;

- общие вопросы теории организации рабочих процессов в камерах ракетных двигателей;

- основные факторы, влияющие на конструкцию камеры РД;;

умения:

- разрабатывать конструкторскую документацию;;

навыки:

- применение современных средств автоматизированного проектирования для оформления конструкторской документации;.

ПК-5

знания:

- связь основных энергетических параметров ракетного двигателя;

- общие вопросы теории организации рабочих процессов в камерах ракетных двигателей;

- существующие типы и формы камер РД, их достоинства и недостатки;;

умения:

- анализ факторов, влияющих на выбор типа и формы камер РД

- определять термогазодинамические, массогабаритные и энергетические характеристики камеры ракетного двигателя;

навыки:

- разработки различных вариантов конструкции камер РД;

- проведение расчетов системы охлаждения камеры ракетного двигателя;

- проведения термогазодинамических, массогабаритных и энергетических характеристик камер ракетного двигателя.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕР РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **факультативного блока** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте
- ПК-5 — Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники 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		ПК-4	ПК-5
4	7	Раздел 1. Связь схемного решения двигателя и внутрикамерных процессов. 1.1. Общие положения связи внутрикамерных процессов и схемы двигательной установки. Стадии процесса преобразования топлива. 1.2. Сопла РД. Сопло Лавала. Сопла центрального тела в составе конструктивно-схемных решений перспективных камер ЖРД.	6	4	4	0	2	15	15
4	7	Раздел 2. Дополнительные способы защиты стенок камеры двигателя. 9.1. Термостойкие покрытия. 9.2. Аблирующие покрытия. 9.3. Емкостное охлаждение. 9.4. Наружное радиационное охлаждение.	15	11	0	11	4	15	15
4	7	Раздел 3. Впрыск компонентов топлива. 2.1. Классификация способов впрыска и распыливания. 2.2. Струйные форсунки (однокомпонентные для сжимаемой и несжимаемой жидкости, двухкомпонентные газожидкостные форсунки). 2.3. Центробежные форсунки (однокомпонентные и двухкомпонентные). 2.4. Регулируемые форсунки. Особенности расчета и проектирования.	22	18	12	6	4	15	15
4	7	Раздел 4. Распыление и дробление топлива. 3.1. Физические основы первичного дробления. Количественная оценка параметров первичного дробления. Спектры распыливания. 3.2. Физические основы вторичного дробления. Количественная оценка параметров вторичного дробления.	16	12	6	6	4	15	15
4	7	Раздел 5. Процессы прогрева и испарения капель. 4.1. Особенности испарения в условиях теплонапряженных конструкций. Основные соотношения теплообмена. 4.2. Распределение тепла, получаемого каплей. Определение максимальной температуры капли. 4.3. Оценка времени испарения и прогрева капли. 4.4. Теплообменные формулы при условии движения капли.	10	8	8	0	2	15	15
4	7	Раздел 6. Смесеобразование и организация рабочего процесса в камере сгорания РД. 5.1. Сущность процесса смесеобразования. Требования к системе смесеобразования. Смесительный элемент. Основные понятия об устойчивости процессов в КС. 5.2. Компоновка форсуночных головок различных схем. 5.3. Определение геометрических параметров камер. Формы камер сгорания. 5.4. Приближенное определение величины расходного комплекса (геометрический и вероятностный способы). Аналитический расчет начального смесеобразования. Методика расчета камер сгорания.	22	18	12	6	4	15	15
4	7	Раздел 7. Теплообмен в ракетных двигателях. 8.1. Особенности и условия теплообмена в камерах РД. Способы организации защиты стенок РД. Влияние на температуру стенок различных факторов. Общая схема теплообмена в РД. 8.2. Конвективный теплообмен. Общие положения. Интегральные соотношения в пограничном слое. Методика В.М.Ивлева, расчета пограничных слоев; Определение конвективного теплового потока. Пересчет тепловых потоков. 8.3. Лучистый теплообмен в камере РД. Особенности лучистого теплообмена. Расчет лучистых тепловых потоков при наличии и отсутствии пристеночного слоя. 8.4. Теплопередача к охлаждающей жидкости. Основные закономерности теплопередачи к охлаждающей жидкости. Интенсификация теплообмена в охлаждающем тракте. 8.5. Особенности регенеративного охлаждения камер РД газообразным хладагентом. 8.6. Параметрическое исследование тракта регенеративного охлаждения газообразным хладагентом с учетом шероховатости. 8.7. Общая методика расчета охлаждения камер ракетных двигателей.	17	14	9	5	3	10	10
Всего за 7 семестр			108	85	51	34	23	100	100
Всего по дисциплине			108	85	51	34	23	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Дополнительные способы защиты стенок камеры двигателя.	Термостойкие и аблирующие покрытия камер РД.	6
2		Емкостное и наружное радиационное охлаждение камер РД.	5
3	Раздел 3. Впрыск компонентов топлива.	Определение параметров струйной форсунки.	3
4		Определение параметров центробежной форсунки.	3
5	Раздел 4. Распыление и дробление топлива.	Количественная оценка параметров первичного и вторичного дробления.	6
6	Раздел 6. Смесеобразование и организация рабочего процесса в камере сгорания РД.	Геометрический способ определения величины ожидаемого расходного комплекса.	6
7	Раздел 7. Теплообмен в ракетных двигателях.	Общая методика расчета охлаждения камер ракетных двигателей.	5
Всего за 7 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Связь схемного решения двигателя и внутрикамерных процессов.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
2		Выполнение этапов курсового проекта	2
3	Раздел 2. Дополнительные способы защиты стенок камеры двигателя.	Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
4		Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	2
5	Раздел 3. Впрыск компонентов топлива.	Проработка материалов практических занятий	2
6		Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	2
7	Раздел 4. Распыление и дробление топлива.	Проработка материалов практических занятий	2
8		Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	2
9	Раздел 6. Смесеобразование и организация рабочего процесса в камере сгорания РД.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	2
10		Проработка материалов практических занятий	2
11	Раздел 7. Теплообмен в ракетных двигателях.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	3
Всего за 7 семестр			23

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		Вопр. Зач		Вопр. Зач		ДР	Вопр. Зач		Вопр. Зач		ДР		Вопр. Зач		Вопр. Зач		ДР	Вопр. Зач, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы к зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. И. Н. Гречух, Л. И. Гречух. . Жидкостные ракетные двигатели. Омск: ОмГТУ, 2017, эл. рес.
2. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.
3. М. В. Добровольский. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016, эл. рес.
4. Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
5. Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
6. Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 24 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

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

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - 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. Атлас конструкции ЖРД под ред. Глушко В.П.;
4. 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 **РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕР РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **факультативного блока** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-4 Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов;

ПК-5 Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с внутрикамерными процессами, протекающими в ракетных двигателях. Изучаются процессы впрыска, распыления и дробления компонентов топлива, прогрев и испарение образовавшихся капель, процессы смесеобразования, рассматриваются особенности процессов горения в ЖРД, ВРД, а также колебания в камерах сгорания. Большое внимание уделяется вопросам охлаждения теплонапряженных элементов конструкции камер ракетных двигателей.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы к зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**23 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 23 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. Связь схемного решения двигателя и внутрикамерных процессов.		
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1,8,9)	2
Итого по разделу 1		2
Раздел 2. Дополнительные способы защиты стенок камеры двигателя.		
Выполнение этапов курсового проекта	Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (7)	2
Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (4)	2
Итого по разделу 2		4
Раздел 3. Впрыск компонентов топлива.		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2)	2
Проработка материалов практических занятий	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (3) И. Н. Гречух, Л. И. Гречух. . Жидкостные ракетные двигатели: Омск: ОмГТУ, 2017 (1)	2
Итого по разделу 3		4
Раздел 4. Распыление и дробление топлива.		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2)	2
Проработка материалов практических занятий		2
Итого по разделу 4		4
Раздел 5. Процессы прогрева и испарения капель.		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2)	2
Итого по разделу 5		2
Раздел 6. Смесеобразование и организация рабочего процесса в камере сгорания РД.		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (5)	2
Проработка материалов практических занятий	М. В. Добровольский. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (3)	2
Итого по разделу 6		4
Раздел 7. Теплообмен в ракетных двигателях.		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (4) Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1-6)	3
Итого по разделу 7		3

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к зачету;
- зачет.

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.

Вопросы к зачету

Оценивается полнота и правильность ответа на вопросы.

Оценка «зачтено»: полнота ответа на три вопроса по разделу не менее 50-70% по каждому вопросу.

Зачет

Оценивается полнота и правильность ответа по билету.

Оценка «зачтено»: полнота ответа на вопросы билета не менее 70% по каждому вопросу.

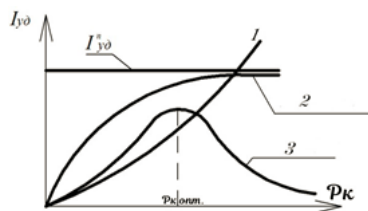
Билеты с вопросами расположены в УМК дисциплины.

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		ПК-4	ПК-5	
4	7	Раздел 1. Связь схемного решения двигателя и внутрикамерных процессов.	6	4	4	0	2	15	15	Вопросы к зачету
4	7	Раздел 2. Дополнительные способы защиты стенок камеры двигателя.	15	11	0	11	4	15	15	Вопросы к зачету
4	7	Раздел 3. Впрыск компонентов топлива.	22	18	12	6	4	15	15	Вопросы к зачету
4	7	Раздел 4. Распыление и дробление топлива.	16	12	6	6	4	15	15	Вопросы к зачету
4	7	Раздел 5. Процессы прогрева и испарения капель.	10	8	8	0	2	15	15	Вопросы к зачету
4	7	Раздел 6. Смесеобразование и организация рабочего процесса в камере сгорания РД.	22	18	12	6	4	15	15	Вопросы к зачету
4	7	Раздел 7. Теплообмен в ракетных двигателях.	17	14	9	5	3	10	10	Вопросы к зачету
Всего за 7 семестр			108	85	51	34	23	100	100	
Всего по дисциплине			108	85	51	34	23	100	100	

ПК-4 - Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

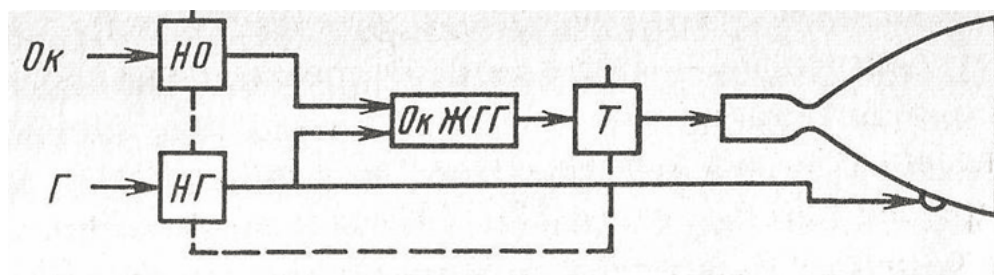
№ 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

На рисунке изображены зависимости удельного импульса различных типов двигателей, а также зависимость относительного расхода через газ ЖРД "открытой" схемы. Ответ обоснуйте.



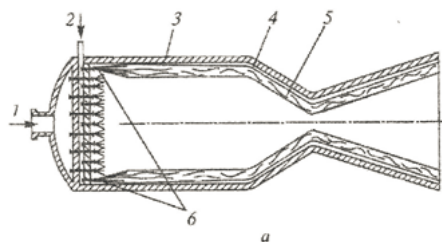
№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Укажите, какая система подачи изображена на иллюстрации. Ответ обоснуйте.



№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

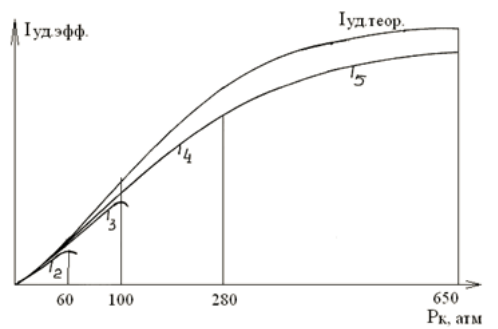
На рисунке представлена схема пристеночного слоя для внутреннего охлаждения. Укажите цифру, которая указывает на элементы формирования



№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

На иллюстрации изображена зависимость удельного импульса камеры ЖРД от давления в камере сгорания.

Установите соответствие номера диапазона удельного импульса с типом системы подачи: А - вытеснительная, Б - насосная «Ж+Ж», В - насосная «Ж+Г».



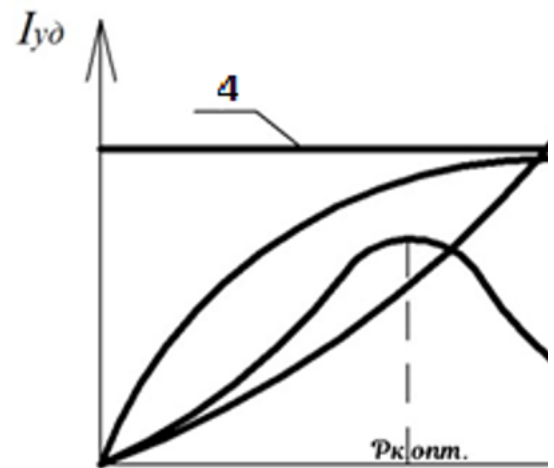
№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

На рисунке изображены зависимости удельного импульса различных типов двигателей, а также зависимость относительного расхода через газ (левый столбец) с номером зависимости на иллюстрации

А. Удельный импульс двигателя ЖРД «открытой схемы»

Б. Удельный импульс двигателя РДТТ

В. относительной расход через газогенератор в ЖРД



№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Сформируйте последовательность увеличения коэффициента

Φ_{β}

в зависимости от типа форсунок и схемы их расположения на смесительной головке:

1. Струйные форсунки
2. Центробежные с шахматной схемой расположения.
3. Центробежные с сотовой схемой расположения.
4. 2-х компонентные форсунки

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Исходными данными для определения геометрических характеристик камеры ракетного двигателя являются состав и энтальпия сложных веществ на срезе сопла и тяга двигателя. Установите последовательность действий при расчете геометрических размеров минимального (критического) ЖРД «открытой схемы», для компонентов: окислитель – раствор азотного тетраоксида (27%) и азотной кислоты (73%), горючее – триэтилмин

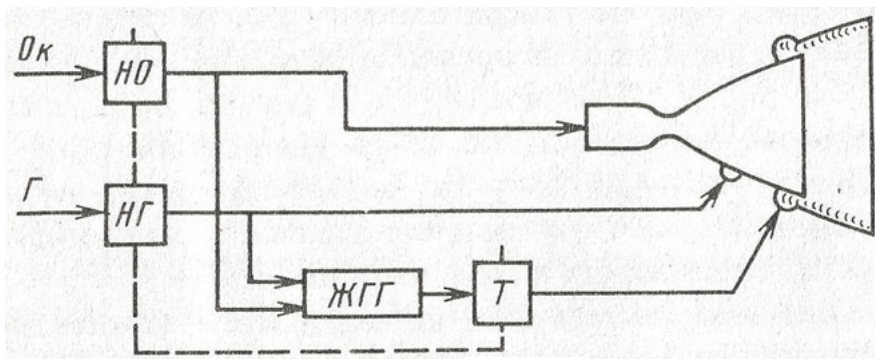
- 1.определить условную формулу и энтальпию окислителя; определить условную формулу и энтальпию горючего;
2. определить диаметр минимального (критического) сечения;
3. провести расчет импульсных характеристик камеры ракетного двигателя (удельный импульс, расходный комплекс, тяговый комплекс);
4. провести расчет термодинамических и теплофизических свойств продуктов сгорания;
5. разработать пневмо-гидравлическую схему двигателя;
6. провести балансовый расчет, определить удельный расход топлива в газогенератор, определить оптимальное давление в камере ракетного д
7. определить оптимальное и рабочее соотношение компонентов в камере ракетного двигателя;
8. определить удельный импульс камеры ракетного двигателя и всего ЖРД для выбранного значения давления в камере и относительного мас
9. определить суммарный массовый расход через камеру ракетного двигателя;
10. определить площадь минимального (критического) сечения;

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

При разбиении жизненного цикла продукта (комплекса, системы) на стадии прежде всего устанавливается граница между созданием, серийным комплексом. В свою очередь, процесс создания подразделяется на научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские работы. Какой конструкторским работам?

1. Эскизный проект
2. Разработка рабочей документации
3. Разработка исходных данных
4. Изготовление опытных изделий

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
На иллюстрации изображена схема ЖРД с системой подачи:



А с насосной системой подачи с дожиганием генераторного газа

Б. с вытеснительной системой подачи

В. с насосной системой подачи без дожигания генераторного газа

Г. с электронасосной системой подачи без дожигания генераторного газа

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

По какой из схем возможно формирование смесительных элементов однокомпонентными форсунками головки ЖРД выполненного по схеме "ж

1. квадратно-гнездовая;

2. сотовая;

3. шахматная;

4. По концентрическим окружностям.

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какими способами в ЖРД средних и больших тяг обеспечивается теплозащита внутренней стенки камеры ракетного двигателя при сохранении импульса?

1. Интенсификация охлаждения в гидравлическом тракте;

2. Изменении материала стенок на более теплопроводные и жаростойкие;

3. Применение теплозащитных и аблирующих покрытий;

4. Применение внутреннего охлаждения в виде завес и транспирации;

5. Уменьшение температуры торможения в пристеночном слое;

6. Применение емкостного и радиационного охлаждения.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какими способами в РДТТ обеспечивается теплозащита внутренней стенки камеры ракетного двигателя при сохранении высокого значения γ

1. Интенсификация охлаждения в гидравлическом тракте;

2. Изменении материала стенок на более теплопроводные и жаростойкие;

3. Применение теплозащитных и аблирующих покрытий;

4. Применение внутреннего охлаждения в виде завес и транспирации;

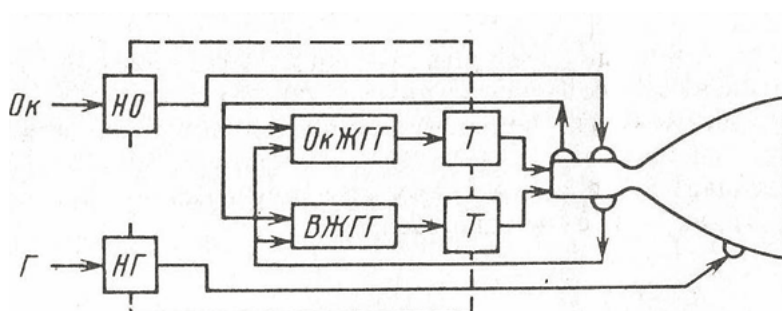
5. Уменьшение температуры торможения в пристеночном слое;

6. Применение емкостного и радиационного охлаждения.

ПК-5 - Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов

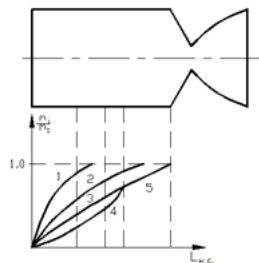
№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для какого максимального давления в камере характерна представленная схемы ЖРД:



№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите, номер кривой на иллюстрации (1,2,3,4,5) процессу:



- а кривая, характеризующая завершенность процессов распыливания;
- б кривые, характеризующие процессы смешения и кинетического горения.
- в кривые, характеризующие процессы смешения и диффузионного горения;

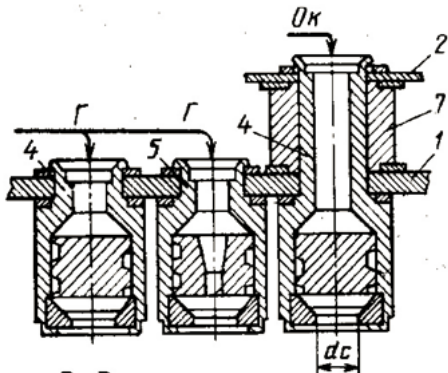
№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Как в соответствии с ГОСТ 17655 называется канал переменного сечения в камере ракетного двигателя, служащий для преобразования потенциала продуктов сгорания в кинетическую?

1. Сопло
2. Диффузор
3. Дюза
4. Конфузор

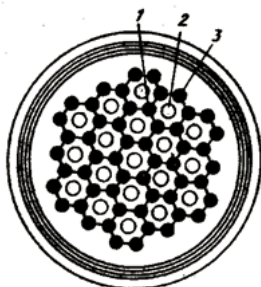
№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

На иллюстрации номерами позиции обозначены различные элементы смесительной головки ЖРД. Укажите номера позиций, соответствующие однокомпонентным центробежным форсункам



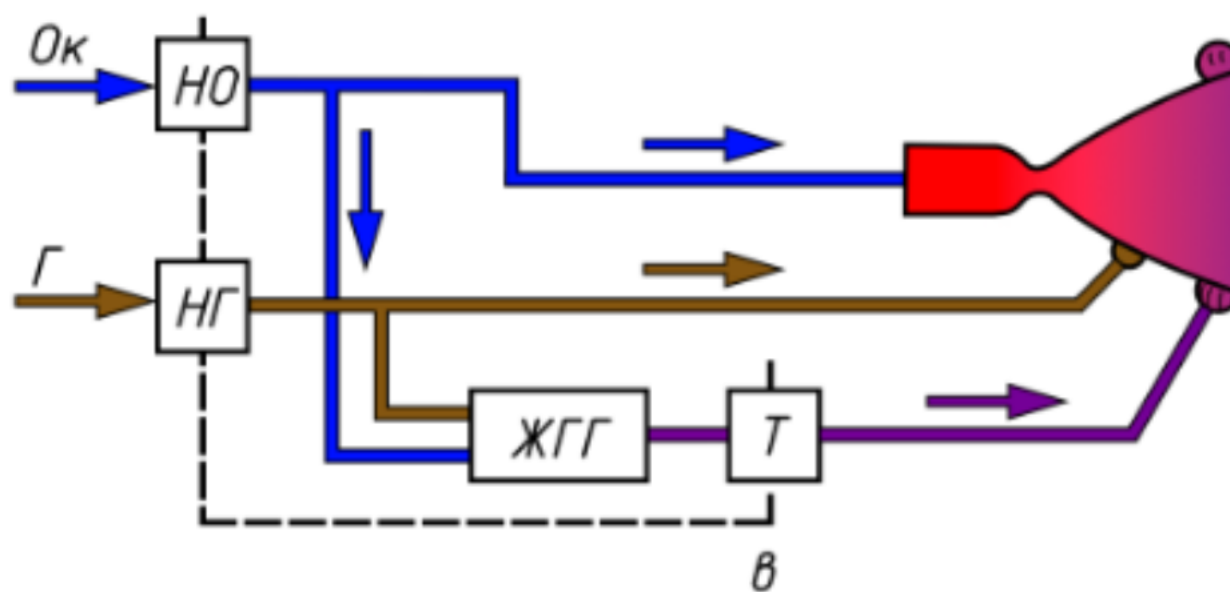
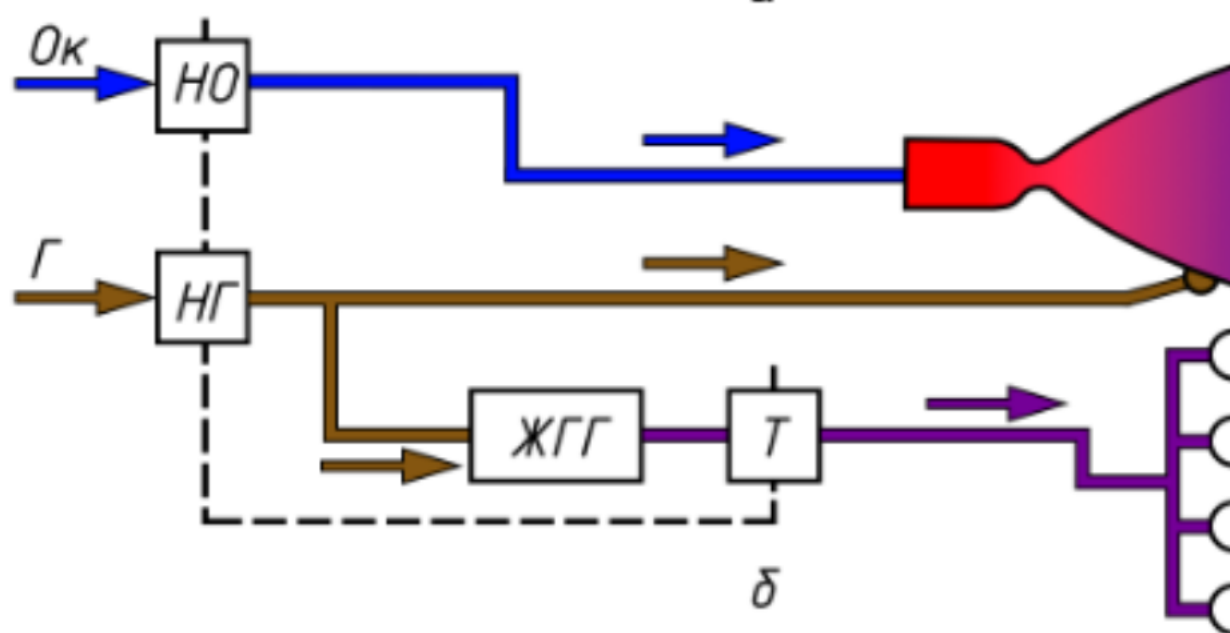
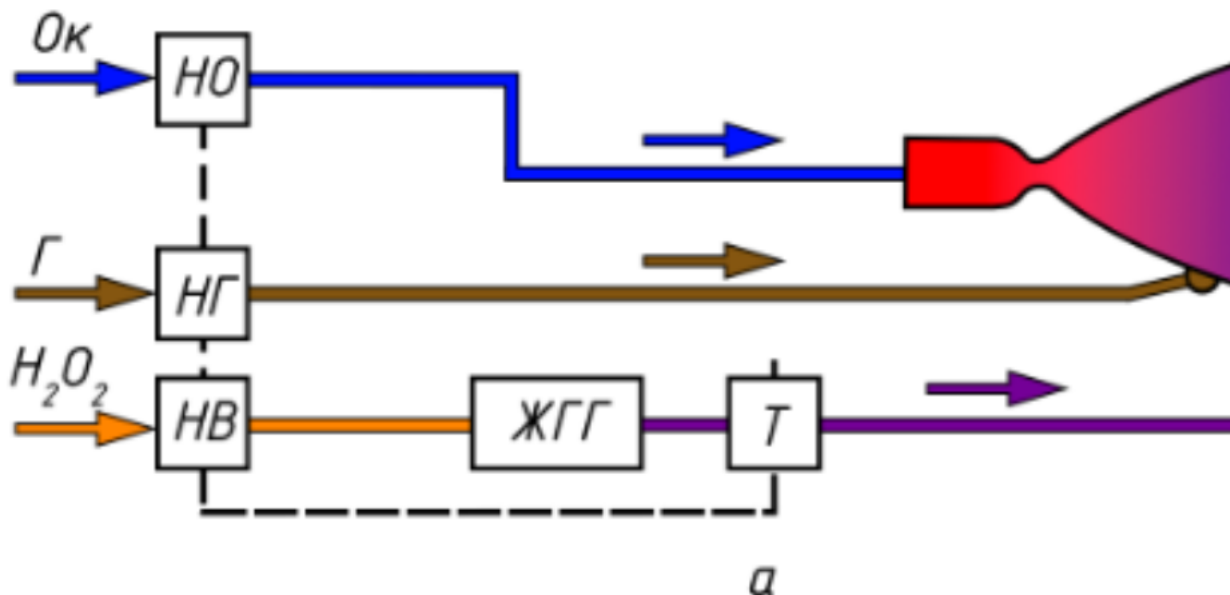
№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

На иллюстрации представлена схема размещения однокомпонентных форсунок на смесительной головке в ЖРД. Укажите номера позиций, соответствующие



№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В какой из представленных схем в качестве горючего может быть использован керосин?



№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие (по ГОСТ 17655)

А. Маршевый жидкостный 1. Жидкостный ракетный двигатель, предназначенный для управления вектором скорости перемещаемого

ракетный двигатель	активном участке траектории движения
Б. Жидкостный ракетный двигатель коррекции	2. Жидкостный ракетный двигатель, предназначенный для уменьшения скорости перемещаемого аппарата
В. Рулевой жидкостный ракетный двигатель	3. Жидкостный ракетный двигатель, предназначенный для изменения скорости при коррекции траектории перемещаемого аппарата на пассивном участке
Г. Тормозной жидкостный ракетный двигатель	4. Жидкостный ракетный двигатель, предназначенный для ускорения перемещаемого аппарата

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Порядок расчета лучистых тепловых потоков при известных форме и размерах камеры сгорания, а также при известных данных термодинамики производится в следующем порядке.

1. В зависимости от заданных размеров и формы камеры сгорания выбирают среднюю длину пути луча ;
2. Производится учет снижения лучистого потока из-за поглощения в пристеночном слое;
3. Определяют произведение парциального давления паров воды и углекислого газа на среднюю длину пути луча;
4. Вычисляют действительную степень черноты водяного газа (с учетом давления);
5. Определяют степень черноты паров воды и углекислого газа в зависимости от температуры и произведение парциального давления на среднюю длину пути луча;
6. Определяют действительную степень черноты газовой смеси;
7. Находят эффективную степень черноты стенки ;
8. Подсчитывают величину лучистых тепловых потоков в конце камеры сгорания .

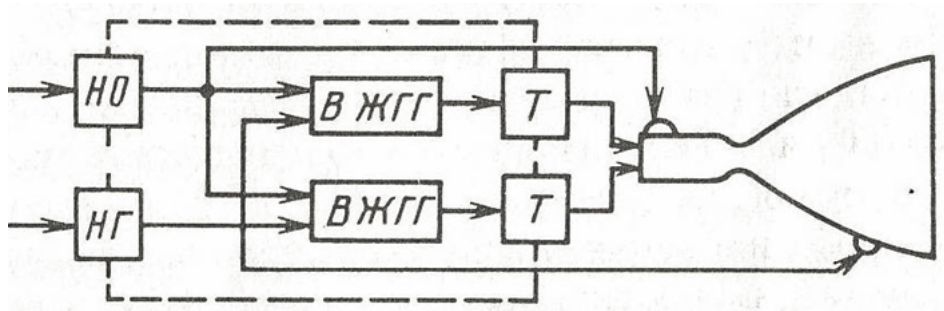
№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Итерационный порядок расчета струйной форсунки для несжимаемой жидкости:

1. Определяется в первом приближении коэффициент расхода;
2. Определяется диаметр выходного отверстия;
3. Определяется коэффициент расхода с учетом потерь;
4. Рассчитывается критерий Рейнольдса;
5. Определяется скорость истечения жидкости.

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие компоненты могут быть использованы для данной схемы ЖРД? Ответ обоснуйте.



А кислород+водород

Б. амил+гептил

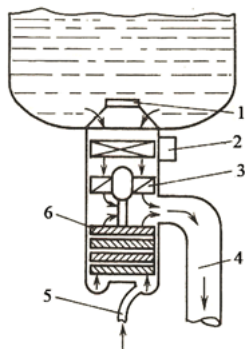
В. кислород+керосин

Г. азотнокислый окислитель+гидразин

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой агрегат изображен на схеме?

1. Бустерный насосный агрегат
2. Эжектор (струйный преднасос)
3. Топливный фильтр
4. Дренажный клапан



№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Укажите величину минимального соотношения между площадью камеры сгорания и площадью критического сечения в камере ЖРД для обеспечения условий протекания внутрикамерных процессов? Дайте развернутый ответ.