

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

| | |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки | 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Проектирование жидкостных ракетных двигателей |
| 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 | |
| 3 | 6 | 4 | 144 | 85 | 51 | 0 | 34 | 59 | 0 | 0 | 59 | 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: 2025

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:

ПК-5 — Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-5

знания:

знать основные взаимосвязи параметров камеры ракетного двигателя и ракетного двигателя в целом от внутрикамерных параметров, геометрических соотношений, режим работы, особенностей охлаждения, состава и соотношения между компонентами топлива и наличия/отсутствия конденсированной фазы в продуктах сгорания;

умения:

правильно определять взаимосвязи параметров камеры ракетного двигателя и ракетного двигателя в целом от внутрикамерных параметров, геометрических соотношений, режим работы, особенностей охлаждения, состава и соотношения между компонентами топлива и наличия/отсутствия конденсированной фазы в продуктах сгорания;

навыки:

проводить расчеты для определения количественных показателей взаимосвязи параметров камеры ракетного двигателя и ракетного двигателя в целом от внутрикамерных параметров, геометрических соотношений, режим работы, особенностей охлаждения, состава и соотношения между компонентами топлива и наличия/отсутствия конденсированной фазы в продуктах сгорания.

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: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

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
- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте
- ПК-6 — 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 4 з.е., 144 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-5 |
| 3 | 6 | 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. | 58 | 38 | 18 | 20 | 20 | 33 |
| 3 | 6 | 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. | 44 | 26 | 18 | 8 | 18 | 33 |
| 3 | 6 | 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. | 42 | 21 | 15 | 6 | 21 | 34 |
| Всего за 6 семестр | | | 144 | 85 | 51 | 34 | 59 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 85 | 51 | 34 | 59 | 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 тяги камеры РД различного назначения | 6 |
| 2 | | Исследование составляющих тяги камеры РД | 4 |
| 3 | | Определение удельных характеристик РД различного назначения | 4 |
| 4 | | Определение характеристик РД различного назначения | 6 |
| 5 | Раздел 2. Анализ работы РД с учетом реальных условий протекания процессов. | Оценка влияния тепловых потерь при работе РД на его импульсные характеристики | 4 |
| 6 | | Аналитический метод расчета теоретических параметров РД | 4 |
| 7 | Раздел 3. Сопла ракетных двигателей. | Профилирование сверхзвуковой части круглого осесимметричного сопла | 6 |
| Всего за 6 семестр | | | 34 |

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 | 12 |
| 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 | 14 |
| 4 | | Проработка материалов практических занятий | 4 |
| 5 | Раздел 3. Сопла ракетных двигателей. | Углубленная проработка разделов курса по конспектам лекций и рекомендуемой литературе | 17 |
| 6 | | Проработка материалов практических занятий | 4 |
| Всего за 6 семестр | | | 59 |

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 |
| 6 | | | | | | ДР | | | | ДР | | | Контр.Р. | | Отч. по ПЗ | ДР | Вопр. Экз |

Условные обозначения:

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

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

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

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*:

ПК-5 Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов.

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;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 з.е., **144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**59 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 59 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) | 12 |
| Проработка материалов практических занятий | 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) | 8 |
| Итого по разделу 1 | | 20 |
| Раздел 2. Анализ работы РД с учетом реальных условий протекания процессов. | | |
| 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 (2) | 14 |
| Проработка материалов практических занятий | М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (3, 4) | 4 |
| Итого по разделу 2 | | 18 |
| Раздел 3. Сопла ракетных двигателей. | | |
| 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 (2) | 17 |
| Проработка материалов практических занятий | А. А. Дорофеев. . Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014 (2) | 4 |
| Итого по разделу 3 | | 21 |

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 свехзвуковой 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.
Экзаменационные билеты входят в состав 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-5 | |
| 3 | 6 | Раздел 1. Физические принципы, основные параметры и характеристики ракетных двигателей. | 58 | 38 | 18 | 20 | 20 | 33 | Контрольная работа, Вопросы к экзамену, Отчет по практическому заданию |
| 3 | 6 | Раздел 2. Анализ работы РД с учетом реальных условий протекания процессов. | 44 | 26 | 18 | 8 | 18 | 33 | Контрольная работа, Вопросы к экзамену, Отчет по практическому заданию |
| 3 | 6 | Раздел 3. Сопла ракетных двигателей. | 42 | 21 | 15 | 6 | 21 | 34 | Контрольная работа, Вопросы к экзамену |
| Всего за 6 семестр | | | 144 | 85 | 51 | 34 | 59 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 85 | 51 | 34 | 59 | 100 | |

Оценочные материалы по дисциплине ТЕОРИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ПК-5 - Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

№ 1 Прочитайте текст и установите последовательность

При запуске ракеты-носителя СОЮЗ 2.16 с космодрома «Восточный» режим работы сопла двигателя второй ступени РД-108А последовательны

1. режим недорасширения
2. расчетный режим
3. режим перерасширения

№ 2 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 двигателя;
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 расхода;
9. определить суммарный массовый расход через камеру ракетного двигателя;
10. определить площадь минимального (критического) сечения;

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

Для топливных пар с каким окислителем максимум удельного импульса соответствует стехиометрическому соотношению компонентов?

1. Для топливных пар с окислителем на основе кислорода (кислород, перекись водорода);
2. Для топливных пар с азотнокислыми окислителями (азотная кислота, азотный тетраоксид и окислители на их основе);
3. Для топливных пар с окислителем на основе нитроглицерина;
4. Для топливных пар с окислителем на основе воздуха;

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

Единицы измерения тяги и удельного импульса в системе СИ:

1. кгс;
2. с;
3. м/с;
4. Н;

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

Для определения изменения параметров однородного рабочего тела (давление, плотность, температура, скорость) при движении по соплу Лаваля функции (ГДФ) - $\epsilon(\cdot)$, $\rho(\cdot)$, $\tau(\cdot)$, $q(\cdot)$, $z(\cdot)$. Какие безразмерные параметры используются в качестве аргумента в ГДФ?

1. Число (критерий) Маха - M ;
2. Число (критерий) Нуссельта - Nu ;
3. Число (критерий) Рейнольдса - Re ;
4. Характеристическая скорость - λ ;

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

Какие удельные характеристики камеры ракетного двигателя характеризуют:

а. эффективность выбранной топливной пары и совершенство внутрикамерных процессов в камере сгорания;

б. эффективность работы сопла.

1. расходный комплекс - β ;

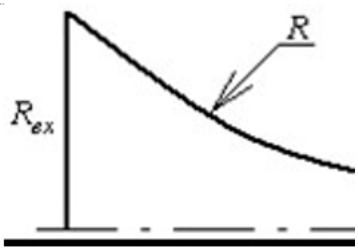
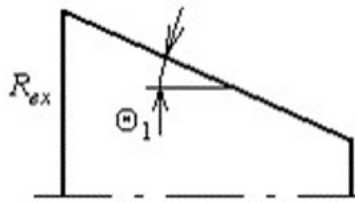
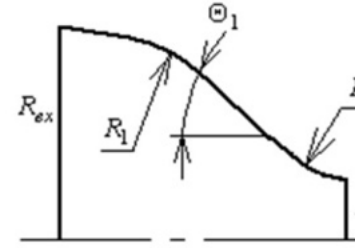
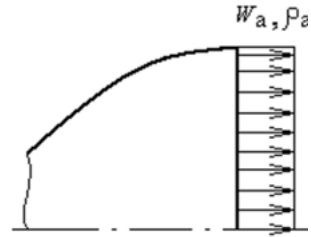
2. тяговый комплекс - K_{rp} ;

3. Пропульсивный КПД - η_p ;

4. Коэффициент потерь удельного импульса - $\phi_{Iуд}$;

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

На рисунке изображены различные типы сопел камеры двигателя. Соотнесите название типа дозвуковой части сопла (левый столбец) с иллюстрацией (правый столбец)

| | | |
|--|----|---|
| 1. <u>радиусно-коническое</u> сопло | А. |  |
| 2. коническое сопло | Б. |  |
| 3. <u>сопло Витопинского</u> | В. |  |
| | Г. |  |

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

По какой из предложенных характеристик осуществляется изменение (регулирование) тяги камеры двигателя ЖРД при его работе в составе ЛД?

1. Дроссельная (расходная) характеристика;
2. Высотная характеристика;
3. Характеристика по составу топлива;
4. Объемная характеристика;

№ 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Известно, что тяга камеры ракетного двигателя определяется как сумма двух слагаемых: произведение скорости истечения на срезе сопла V также произведения площади выходного сечения F_a на разницу давлений на срезе сопла P_a и окружающей среды P_n . При этом оптимальным $P_a = P_n$. Почему?

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В реактивных двигателях используется керосин ТС-1. В ракетных - РГ-1. Химический состав этих керосинов и энтальпия практически одинакова. Чем обусловлен переход от ТС-1 к РГ-1 в ракетной технике?

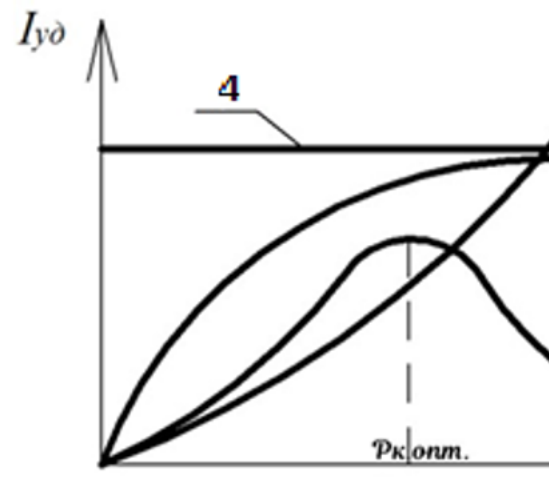
№ 11 Прочитайте текст и установите соответствие

На рисунке изображены зависимости удельного импульса различных типов двигателей, а также зависимость относительного расхода через газы (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



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

Для кого типа двигателей летательных аппаратов характерно значительное влияние момента количества движения подачи двигателем?

1. Жидкостный ракетный двигатель (ЖРД)
2. Ракетный двигатель твердого топлива (РДТТ)
3. Турбореактивный двигатель (ТРД)
4. Гибридный ракетных двигатель (ГРД)