

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Юнаков Л. П.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ НЕАВТОНОМНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

|   |   |
|---|---|
| Направление/специальность<br>подготовки       | 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов |
| Специализация/профиль/программа<br>подготовки | Крылатые ракеты   |
| Уровень высшего образования                   | Специалитет   |
| Форма обучения                                | Очная   |
| Факультет                                     | А Ракетно-космической техники   |
| Выпускающая кафедра                           | А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ   |
| Кафедра-разработчик рабочей<br>программы      | А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ   |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ<br>(ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) |                    |        |                           |                         |                        |                 |                 |                               | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО<br>КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
|      |         |   | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ              | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ |        |                           |                         | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА |                 |                 |                               |                                |
|      |         |   |                                 | ВСЕГО              | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ<br>ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО                  | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ<br>САМОСТ. РАБОТЫ |                                |
| 5    | 9       | 4                                       | 144                             | 68                 | 34     | 0                         | 34                      | 76                     | 0               | 0               | 76                            | диф.<br>зач.                   |

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ  
Савельев Сергей Константинович, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **НЕАВТОНОМНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

### **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:

ПСК-28 — способен применять программные средства общего и специального назначения для интеллектуальной обработки полученных данных и цифрового моделирования по проектированию крылатых ракет

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-28**

*знания:*

Текущего состояния ракетной техники;

*умения:*

Анализировать перспективы развития ракетной техники;

*навыки:*

Решения основных проектных задач по разработке конструкций ракетной техники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **НЕАВТОНОМНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ИСПЫТАНИЯ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ КРЫЛАТЫХ РАКЕТ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения ракетостроения и космонавтики, способы их применения в профессиональном контексте
- УК-6 — Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни

### 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 |                                  | ПСК-28                     |
| 5                   | 9       | Раздел 1. Конструктивно-компоновочные схемы интегральных ракетно-прямоточных двигателей на твердом и пастообразном топливах. Компоновочные схемы зенитных ракет. Компоновочные схемы противотанковых ракет. Компоновочные схемы ракет воздух-земля. Компоновочные схемы ракет земля-земля. | 19    | 9                                     | 9      | 0                    | 10                               | 25                         |
| 5                   | 9       | Раздел 2. Проектирование стартово-разгонных двигателей на твердых и пастообразных топливах. Стартовые двигатели ракет земля-воздух. Стартовые двигатели ракет воздух-земля. Особенности ДУ по созданию начального высокого уровня тяги.  | 50    | 23                                    | 9      | 14                   | 27                               | 25                         |
| 5                   | 9       | Раздел 3. Проектирование маршевых РПД на твердом и пастообразном топливах. Особенности горения топлива в неавтономных ДУ. Формирование требуемого уровня внутрикамерного давления. Решение задачи внутренней баллистики неавтономных ДУ.   | 59    | 29                                    | 9      | 20                   | 30                               | 25                         |
| 5                   | 9       | Раздел 4. Экспериментальная отработка РПД на твердых и пастообразных топливах. Отработка воздухозаборника ДУ. Методы определения законов скорости горения топлива. Стенды для измерения тяги ДУ. Эжекторные установки для отработки сопел ДУ.  | 16    | 7                                     | 7      | 0                    | 9                                | 25                         |
| Всего за 9 семестр  |         |  | 144   | 68                                    | 34     | 34                   | 76                               | 100                        |
| Всего по дисциплине |         |  | 144   | 68                                    | 34     | 34                   | 76                               | 100                        |

#### 3.2. Аудиторный практикум

| № п/п              | Номер и наименование раздела дисциплины   | Тема практического занятия  | Объем, ауд. часов |
|--------------------|---|---|-------------------|
| 1                  | Раздел 2. Проектирование стартово-разгонных двигателей на твердых и пастообразных топливах. | Проектирование стартового ускорителя ракеты заданного типа. Стартовая масса, максимальная перегрузка и время работы задается индивидуальным заданием. Варианты заданий по темам ПЗ представлены в УМК дисциплины. | 14                |
| 2                  | Раздел 3. Проектирование маршевых РПД на твердом и пастообразном топливах.                  | Проектирование заряда ПВРД и расчет внутрикамерного давления. Время работы, калибр и требуемая диаграмма задается индивидуальным заданием. Варианты заданий по темам ПЗ представлены в УМК дисциплины.            | 20                |
| Всего за 9 семестр |   |   | 34                |

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины  | Содержание учебного задания             | Объем, часов |
|-------|--|---|--------------|
| 1     | Раздел 1. Конструктивно-компоновочные схемы интегральных ракетно-прямоточных двигателей на твердом и пастообразном топливах. | Изучение лекционного материала          | 5            |
| 2     |  | Изучение дополнительной литературы      | 5            |
| 3     | Раздел 2. Проектирование стартово-разгонных двигателей на твердых и пастообразных топливах.                                  | Освоение лекционного материала          | 6            |
| 4     |  | Изучение дополнительной литературы      | 10           |
| 5     |  | Выполнение и защита практической работы | 11           |
| 6     | Раздел 3. Проектирование маршевых РПД на твердом и пастообразном топливах.   | Изучение лекционного                    | 8            |

|                    |  |   |    |
|--------------------|--|---|----|
|                    |  | материала                                 |    |
| 7                  |  | Изучение дополнительной литературы        | 9  |
| 8                  |  | Выполнение и защита практического задания | 13 |
| 9                  | Раздел 4. Экспериментальная отработка РПД на твердых и пастообразных топливах. | Разбор лекционного материала              | 4  |
| 10                 |  | Изучение дополнительной литературы        | 5  |
| Всего за 9 семестр |  |   | 76 |

#### 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        |
| <b>9</b> |                 |   |   |   | ТекК | ДР |   |   | ВПЗ | ДР |    |    |    | ТекК | ВПЗ | ДР | диф. зач. |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 61 экз.
2. Ю. С. Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. . Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки. М.: Машиностроение, 2011, 18 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. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://urait.ru/> <http://www.tnt-ebook.ru/>;
3. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
4. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система.

### 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](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:**

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

### **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 **НЕАВТОНОМНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПСК-28 способен применять программные средства общего и специального назначения для интеллектуальной обработки полученных данных и цифрового моделирования по проектированию крылатых ракет.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектированием ДУ летательных аппаратов, использующих окислитель окружающей среды.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 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<br>работы   | Рекомендуемая литература  | Трудоемкость,<br>час. |
|--|---|-----------------------|
| Раздел 1. Конструктивно-компоновочные схемы интегральных ракетно-прямоточных двигателей на твердом и пастообразном топливах. |   |                       |
| Изучение лекционного материала   | В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1, 2)<br>Ю. С. Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. .<br>Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: М.: Машиностроение, 2011 (2)    | 5                     |
| Изучение дополнительной литературы   |   | 5                     |
| Итого по разделу 1   |   | 10                    |
| Раздел 2. Проектирование стартово-разгонных двигателей на твердых и пастообразных топливах.                                  |   |                       |
| Освоение лекционного материала   | В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (4, 5)<br>Ю. С. Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. .<br>Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: М.: Машиностроение, 2011 (3,4)  | 6                     |
| Изучение дополнительной литературы   |   | 10                    |
| Выполнение и защита практической работы  |   | 11                    |
| Итого по разделу 2   |   | 27                    |
| Раздел 3. Проектирование маршевых РПД на твердом и пастообразном топливах.   |   |                       |
| Изучение лекционного материала   | В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (5)<br>Ю. С. Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. .<br>Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: М.: Машиностроение, 2011 (6)       | 8                     |
| Изучение дополнительной литературы   |   | 9                     |
| Выполнение и защита практического задания  |   | 13                    |
| Итого по разделу 3   |   | 30                    |
| Раздел 4. Экспериментальная отработка РПД на твердых и пастообразных топливах.   |   |                       |
| Разбор лекционного материала   | В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (6)<br>Ю. С. Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. .<br>Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: М.: Машиностроение, 2011 (7, 8, 9) | 4                     |
| Изучение дополнительной литературы   |   | 5                     |
|  |   |                       |

|                    |   |
|--------------------|---|
| Итого по разделу 4 | 9 |
|--------------------|---|

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- дифференцированный 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 для текущего контроля

1. Назовите основные формы зарядов ДУ?
2. Каковы достоинства и недостатки зарядов, скрепленных с корпусом двигателя?
3. Какие методы используются для геометрического проектирования зарядов ДУ?
4. Каковы области применения щелевых зарядов?
5. Что такое «толщина сгоревшего свода»?
6. Как рассчитываются массово-центровочные характеристики?
7. Чем определяется общая продолжительность работы двигателя?
8. Какое соотношение обеспечивает возможность оценки давления на квазистационарном режиме работы?
9. Как рассчитать диаграмму тяги при известной диаграмме внутрикамерного давления?
10. Какими основными параметрами определяется уровень внутрикамерного давления на стационарном режиме работы?
11. Как оценить диаграмму спада давления после завершения работы двигателя?
12. Каков уровень теплового воздействия потока на элементы конструкции ДУ?
13. В каких элементах конструкции используются теплозащитные материалы с непрочным коксом?
14. В каких элементах конструкции двигателя используются материалы с прочным коксом?
15. Какие основные факторы определяют разрушение ТЗМ во внутрикамерном объеме ДУ?
5. Как рассчитать интенсивность теплового воздействия в критическом сечении сопла?
6. Какие материалы следует использовать для оформления критического сечения соплового блока ДУ?
7. В каких зонах ДУ может наблюдаться повышенное термо-химическое воздействие присутствия конденсированной фазы в продуктах сгорания?

Ответ на каждый вопрос оценивается по бинарной шкале:

- зачтено выставляется при безукоризненном ответе на вопросы билета и, в обязательном порядке, на дополнительные вопросы. Причем ответы на дополнительные вопросы даются без предварительной подготовки, правильные, но недостаточно полные и четкие ответы на поставленные преподавателем вопросы, при грамотном представлении материала;
- неправильные и неполные ответы на все поставленные преподавателем вопросы при технически неграмотном изложении – не зачтено.

#### Вопросы/задания по темам ПЗ

1. Как рассчитать интенсивность теплового воздействия в критическом сечении сопла?
2. Какие материалы следует использовать для оформления критического сечения соплового блока ДУ?
3. В каких зонах ДУ может наблюдаться повышенное термо-химическое воздействие присутствия конденсированной фазы в продуктах сгорания?
- Как рассчитываются массово-центровочные характеристики?
4. Чем определяется общая продолжительность работы двигателя?
5. Какое соотношение обеспечивает возможность оценки давления на квазистационарном режиме работы?
6. Как рассчитать диаграмму тяги при известной диаграмме внутрикамерного давления?
7. Какими основными параметрами определяется уровень внутрикамерного давления на стационарном

режиме работы?

8. Как оценить диаграмму спада давления после завершения работы двигателя?

Варианты заданий по темам ПЗ входят в состав УМК дисциплины. Отчет по практическому заданию представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Критерии оценивания: в случае если оформление отчета, доклад студента по выполненной работе и ответы на вопросы преподавателя во время защиты соответствуют требованиям, предъявляемым к знаниям студента по данному практическому занятию, отчет по практическому заданию считается принятым.

Основаниями для дополнительной доработки отчета являются:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов.

### **Дифференцированный зачет**

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все практические работы.

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит в форме устных ответов обучающегося на 2 теоретических вопроса к зачету, входящие в состав билета, и возможные дополнительные вопросы. Перечень вопросов к зачету входит в состав УМК дисциплины.

Критерии оценивания

Ответ на каждый вопрос и по билету в целом оценивается по пятибалльной шкале;

- - "зачтено-отлично" выставляется при безукоризненном ответе на вопросы билета и, в обязательном порядке, на дополнительные вопросы. Причем ответы на дополнительные вопросы даются без предварительной подготовки.
- - правильные, но недостаточно полные и четкие ответы на поставленные преподавателем вопросы, при грамотном представлении материала – «зачтено-хорошо»;
- - "зачтено-удовлетворительно" может быть выставлено и при ответе только на первый вопрос, на усмотрение преподавателя, с учетом работы студента в семестре.
- - неправильные и неполные ответы на все поставленные преподавателем вопросы при технически неграмотном изложении – «не зачтено».

Примеры вопросов для зачета.

1. КПД ракетного двигателя.
2. Влияние конструктивных особенностей РДТТ на характеристики ЛА
3. Удельные характеристики РДТТ.
4. Оптимизация РДТТ на основе использования нескольких топлив.
5. Основные схемы конструкций РДТТ
6. Основные формы зарядов РДТТ
7. Типы твердых ракетных топлив и области их применения.
8. Характеристики двухосновных ТРТ.
9. Составы и характеристики смесевых ТРТ
10. Что такое теплота образования вещества
11. Условная формула топлива
12. Общая схема термодинамического расчета
13. Определение состава продуктов сгорания
14. Как изменяется состав продуктов сгорания при перемещении по тракту двигателя и в сопле
15. Как определить характеристики продуктов сгорания?
16. Каковы основные отличия в процессах горения двухосновных и смесевых ТРТ?
17. От чего зависит состав конденсированных продуктов сгорания?
18. Какие физические процессы сопровождают сгорание металлического горючего?
19. Какие преимущества обеспечивает использование металлического горючего и какие проблемы создает его использование?
20. Какие факторы определяют интенсивность выноса конденсированных продуктов сгорания на элементы конструкции двигателя?
21. Область применения и идея геометрического расчета щелевого заряда.
22. Область применения и идея геометрического расчета звездчатого заряда

23. Область применения и идея геометрического расчета зонтичного заряда
24. Методы расчета изменения геометрии заряда РДТТ
25. Формула Бори
26. Как рассчитать работу двигателя на спаде давления?
27. Расчет внутрикамерного давления при автономном горении воспламенителя
28. Расчет внутрикамерного давления при совместном горении воспламенителя и заряда
29. Общая схема расчета внутрикамерного давления в предположении постоянства температуры продуктов сгорания
30. Общая схема расчета внутрикамерного давления в предположении с учетом изменения температуры продуктов сгорания при изменении давления
31. Анализ устойчивости работы РДТТ
32. Влияние начальной температуры заряда внутрикамерное давление
33. Способы контроля за поддержанием заданной кривой давления при изменении внешних параметров среды
34. Регулирование скорости горения.
35. Особенности горения ТРТ на нестационарных режимах.
36. Методы, используемые для геометрического проектирования зарядов РДТТ.
37. Теплообмен на переднем днище двигателя.
38. Теплообмен в сопловом блоке РДТТ
39. Расчет радиационных тепловых потоков в РДТТ
40. Расчет тепловых полей в элементах конструкции РДТТ
41. Материалы, используемые для изготовления РДТТ
42. Использование ТЗМ с непрочным коксом в РДТТ
43. Использование ТЗМ с прочным коксом в РДТТ
44. Особенности теплообмена и разрушения ТЗП, обусловленные воздействием конденсированных продуктов сгорания.
45. Методы и стенды для определения тяговых характеристик РДТТ
46. Методы контроля давления в РДТТ
47. Методы определения скорости горения и исследования процессов горения ТРТ
48. Управление вектором тяги РДТТ
49. Потери единичного импульса РДТТ.
50. Тяга двигателя, методы ее расчета и измерения

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 |                                  | ПСК-28                     |                                  |
| 5                   | 9       | Раздел 1. Конструктивно-компоновочные схемы интегральных ракетно-прямоточных двигателей на твердом и пастообразном топливах. | 19    | 9                                     | 9      | 0                    | 10                               | 25                         | Вопросы для текущего контроля    |
| 5                   | 9       | Раздел 2. Проектирование стартово-разгонных двигателей на твердых и пастообразных топливах.                                  | 50    | 23                                    | 9      | 14                   | 27                               | 25                         | Вопросы/ задания по темам ПЗ     |
| 5                   | 9       | Раздел 3. Проектирование маршевых РПД на твердом и пастообразном топливах.   | 59    | 29                                    | 9      | 20                   | 30                               | 25                         | Вопросы/ задания по темам ПЗ     |
| 5                   | 9       | Раздел 4. Экспериментальная отработка РПД на твердых и пастообразных топливах.   | 16    | 7                                     | 7      | 0                    | 9                                | 25                         | Вопросы для текущего контроля    |
| Всего за 9 семестр  |         |  | 144   | 68                                    | 34     | 34                   | 76                               | 100                        |                                  |
| Всего по дисциплине |         |  | 144   | 68                                    | 34     | 34                   | 76                               | 100                        |                                  |



## Критерии оценивания

### ПСК-28

*Вопросы открытого типа:*

№ 1 Каков уровень удельного импульса (м\с) современных двигатели твердого ракетного топлива

№ 2 Смесевое твердое ракетное топливо это \_\_\_\_\_

№ 3 Линейная скорость горения твердого топлива это \_\_\_\_\_

№ 4 Какую задачу решает воспламенитель в ПВРД?

№ 5 При каком отношении давлений на срезе сопла и в камере сгорания будет обеспечиваться максимальный уровень тяги двигателя

№ 6 Удельный импульс это \_\_\_\_\_

№ 7 Площадь поверхности горения увеличили в два раза. На сколько нужно изменить площадь критического сечения для сохранения прежнего уровня внутрикамерного давления?

№ 8 В состав металлизированного топлива входит 5% (по массе) алюминия. Какова (примерно) будет массовая доля конденсированных продуктов при полном сгорании топлива?

№ 9 Какова роль диффузора в работе ПВРД?

№ 10 Укажите в процентах уровень термического коэффициента полезного действия ракетного двигателя

*Вопросы закрытого типа:*

№ 1 Какие уровни внутрикамерного давления типичны для РДТТ

Порядка 0.5 МПа

Порядка 6 МПа

Порядка 30 МПа

100 МПа и выше

№ 2 Какая форма днища РДТТ обеспечит его минимальную массу

Плоская

Сферическая

Эллиптическая

Не имеет значения

№ 3 Как будет изменяться тепловой режим в ДУ при пропорциональном увеличении габаритов всех элементов ДУ

Будет интенсифицироваться

Будет снижаться

Не будет изменений

Ни одно из перечисленного

№ 4 Что из перечисленного не влияет на величину удельного импульса

Температура продуктов сгорания

Химический состав продуктов сгорания

|      |   |
|------|---|
|      | Степень расширения продуктов сгорания   |
| № 5  | <p>Масса конструкции двигателя</p> <p>К чему приведет реализация процесса эрозионного раздувания поверхности горения заряда двигателя</p> <p>Увеличению температуры продуктов сгорания</p> <p>Прогару стенок камеры сгорания двигателя</p> <p>Не скажется на работе двигателя</p>                     |
| № 6  | <p>Увеличению газоприхода от заряда топлива</p> <p>Что из перечисленного применимо к ПВРД</p> <p>Это тепловой двигатель</p> <p>Это автономный двигатель</p> <p>Это двигатель, у которого заряд располагается вне камеры сгорания</p>  |
| № 7  | <p>Это двигатель, в котором скорость горения регулируется за счет изменения критического сечения сопла</p> <p>Что из перечисленного не влияет на величину тяги ракетного двигателя</p> <p>Масса заряда двигателя</p> <p>Молекулярный вес продуктов сгорания</p> <p>Температура продуктов сгорания</p> |
| № 8  | <p>Степень расширения продуктов сгорания</p> <p>Что из перечисленного не влияет на скорость горения топлива</p> <p>Величина внутрикамерного давления</p> <p>Начальная температура топлива</p> <p>Отношение давлений на срезе сопла и во внутрикамерном объеме</p>                                     |
| № 9  | <p>Скорость потока продуктов сгорания, обдувающего горящую поверхность</p> <p>Что из перечисленного не влияет на величину удельного импульса</p> <p>Температура продуктов сгорания</p> <p>Химический состав продуктов сгорания</p> <p>Степень расширения продуктов сгорания</p>                       |
| № 10 | <p>Масса конструкции двигателя</p> <p>Что из перечисленного влияет на скорость горения твердого ракетного топлива</p> <p>Температура продуктов сгорания</p> <p>Продолжительность горения заряда топлива</p> <p>Начальная температура твердого топлива</p> <p>Плотность топлива</p>                    |