

901

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
д-р техн. наук, проф.

Н.В. Лобов

2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы конструирования ракетных двигателей твердого топлива»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Программа специалитета

Специальность 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»

Специализация программы специалитета

Проектирование ракетных двигателей  
твердого топлива

Квалификация выпускника:

инженер

Выпускающая кафедра:

Ракетно-космическая техника и  
энергетические системы

Форма обучения:

очная

Курс: 4

Семестр(ы): 8

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

4

Часов по рабочему учебному плану:

144

Виды контроля:

Экзамен: 8

Зачет: —

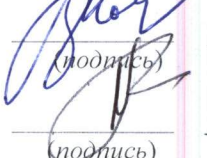

Курсовой проект: —

Курсовая работа: —

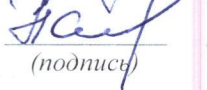
**Учебно-методический комплекс дисциплины «Основы конструирования ракетных двигателей твердого топлива»** разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г., номер приказа №24-О;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утверждённой 03 апреля 2017 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утвержденного 03 апреля 2017 г.


**Рабочая программа согласована** с рабочими программами дисциплин «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», «Сопротивление материалов», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования», «Термодинамика», «Теплопередача», «Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива», «Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях», «Вычислительные технологии в авиадвигателестроении», «Проектирование зарядов твердых ракетных топлив», «Конструирование и инженерные методы расчета РДТТ», «Конструирование и инженерные методы расчета ЖРД», «Динамика и прочность ракетных двигателей», «Конструкция ракетных двигателей твердого топлива», «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», «Автоматизация проектирования ракетных двигателей», «САЕ-системы в механике деформируемого твердого тела», «САЕ-системы в механике жидкости и газа», «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов» и программами учебной, производственной и преддипломной практик, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

|             |  |  |  |
|-------------|--|--|--|
| Разработчик | <u>д-р техн. наук, проф.</u><br>(ученая степень, звание) | <br>(подпись) | <u>В.Я. Модорский</u><br>(инициалы, фамилия) |
| Рецензент   | <u>д-р техн. наук, проф.</u><br>(ученая степень, звание) | <br>(подпись) | <u>Р.В. Бульбович</u><br>(инициалы, фамилия) |


**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «24» октября 2017 г., протокол № 5.**


|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы», ведущей дисциплину | <u>д-р техн. наук, проф.</u><br>(ученая степень, звание) | <br>(подпись) | <u>М.И. Соколовский</u><br>(инициалы, фамилия) |
|--|--|---|--|

**Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «31» 10 2017 г., протокол № 2.**

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета | <u>канд. техн. наук, доц.</u><br>(ученая степень, звание) | <br>(подпись) | <u>Н.Е. Чигодаев</u><br>(инициалы, фамилия) |
|---|---|---|---|

**Согласовано:**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Заведующий выпускающей кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» | <u>д-р техн. наук, проф.</u><br>(ученая степень, звание) | <br>(подпись) | <u>М.И. Соколовский</u><br>(инициалы, фамилия) |
|--|--|--|--|

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Начальник управления образовательных программ | <u>канд. техн. наук, доц.</u><br>(ученая степень, звание) | <br>(подпись) | <u>Д.С. Репецкий</u><br>(инициалы, фамилия) |
|---|---|--|---|



## 1 Общие положения

### 1.1 Цели дисциплины

**Цель учебной дисциплины** – формирование системы знаний и компетенций в области конструирования ракетных двигателей твердого топлива и расчета ракетных двигателей твердого топлива.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующие профессиональные и профессионально-специализированные компетенции:

- способность принимать участие в работах по расчёту и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования (АПК.ПК-1);
- способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации в области проектирования, производства и эксплуатации ракетных двигателей твердого топлива (АПСК-2);
- способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагруженности, прочностного, теплового состояния, характеристик ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей, узлов и систем и осуществлять их конструирование (АПСК-3).

### 1.2 Задачи дисциплины:

- освоение общих основ конструирования и производства РДТТ;
- формирование умения выбирать рациональные конструктивные схемы, удовлетворяющие требованиям аэродинамики, прочности, жесткости, минимальной массы, эксплуатации и технологии производства с учетом назначения ЛА и оформлять законченные проектно-конструкторские работы;
- формирование навыков использования теоретических и практических материалов в работах по проектированию и технологии изготовления ЛА с использованием современных средств автоматизированного проектирования;
- привитие студентам навыков конструирования РДТТ с проведением необходимых расчетов конструкции.

### 1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- конструкция РДТТ;
- процессы конструирования РДТТ;
- особенности конструирования РДТТ из композиционных материалов.

### 1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы конструирования ракетных двигателей твердого топлива» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин рабочего учебного плана и является обязательной при освоении ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива».

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

- **знать:**
  - содержание типового технического задания;

- классификацию РДТТ;
- требования к топливному заряду;
- особенности работы теплозащитных материалов;
- основные конструктивные схемы РДТТ, элементы конструкции РДТТ;
- характеристики волокнистых композиционных материалов для несущих конструкций;

- особенности систем автоматизированного проектирования РДТТ
- области применения систем автоматизированного проектирования РДТТ;
- требования к алгоритмам САПР;
- общие сведения о суперкомпьютерной технике;
- общие сведения о расчете ВБХ РДТТ;
- общие сведения о расчете на прочность твердотопливных зарядов РДТТ;
- общие сведения о тепловом расчете РДТТ;

- **уметь:**

- пользоваться справочной литературой, выбирать марку материала с учетом условий эксплуатации изделия и реальных возможностей производства;
- проводить анализ конструктивных схем РДТТ;
- проводить расчет корпуса типа «кокон»;
- пользоваться справочной литературой по САПР;
- оценивать эффективность суперкомпьютеров при проектировании РДТТ;
- осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации в области проектирования, производства и эксплуатации ракетных двигателей твердого топлива;
- проводить расчет ВБХ РДТТ;
- проводить расчет на прочность твердотопливных зарядов РДТТ;
- проводить тепловой расчет РДТТ;
- разрабатывать рабочие чертежи элементов конструкции РДТТ и сборочного чертежа РДТТ с использованием современных средств автоматизированного проектирования.

- **владеть:**

- основами технологии производства корпусов РДТТ из композиционных материалов;
- основами расчета металлических элементов конструкций РДТТ;
- основами расчета элементов конструкций из композиционных материалов;
- основами работы в современных САПР;
- информацией о современных САПР РДТТ;
- основами конструирования изделий из полимерных композиционных материалов;
- навыками разработки конструктивной схемы РДТТ.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.



Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

| Код   | Наименование компетенции   | Предшествующие дисциплины   | Последующие дисциплины (группы дисциплины)  |
|---|--|---|---|
| <b>Профессиональные компетенции</b>                   |  |   |   |
| АПК.ПК-1  | Способность принимать участие в работах по расчёту и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования | Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, Учебная Сопротивление материалов, Термодинамика, Теория механизмов и машин, Детали машин и основы конструирования, Теплопередача, Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях, практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков). | Проектирование зарядов твердых ракетных топлив, Конструкция ракетных двигателей твердого топлива, Автоматизация проектирования ракетных двигателей, Конструирование и производство изделий из композиционных материалов, Производственная практика (стажировка проектно-конструкторская). |
| <b>Профессионально-специализированные компетенции</b> |  |   |   |
| АПСК-2  | Способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации в области проектирования, производства и эксплуатации ракетных двигателей твердого топлива   |   | Преддипломная практика (практика по выполнению выпускной квалификационной работы)   |
| АПСК-3  | Способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагруженности, прочностного, теплового состояния, характеристик ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей, узлов и систем и осуществлять их конструирование                                       | Вычислительные технологии в авиадвигателестроении, Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива.  | Проектирование зарядов твердых ракетных топлив, Конструирование и инженерные методы расчета РДТТ, Конструирование и инженерные методы расчета ЖРД, Динамика и прочность ракетных двигателей, Конструкция ракетных двигателей твердого топлива, САЕ-системы в механике деформируемого      |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | твёрдого тела,<br>САЕ-системы в механике<br>жидкости и газа,<br>Производственная<br>практика (стажировка<br>проектно-<br>конструкторская),<br>Преддипломная практика<br>(практика по<br>выполнению выпускной<br>квалификационной<br>работы). |
|--|--|--|--|

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АПК.ПК-1, АПСК-2, АПСК-3.

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенции АПК.ПК-1

| Код      | Формулировка компетенции   |
|----------|--|
| АПК.ПК-1 | Способность принимать участие в работах по расчёту и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования |

| Код                  | Формулировка дисциплинарной части компетенции   |
|----------------------|---|
| АПК.ПК-1.<br>Б1.В.06 | Способность принимать участие в работах по конструированию отдельных деталей и узлов ракетных двигателей твёрдого топлива в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования |

### Требования к компонентному составу компетенции

| Перечень компонентов  | Виды учебной работы   | Средства оценки  |
|---|---|--|
| <b>Знает:</b><br>– содержание типового технического задания;<br>– классификацию РДТТ;<br>– требования к топливному заряду;<br>– особенности работы теплозащитных материалов;<br>– характеристики волокнистых композиционных материалов для несущих конструкций. | Лекции.<br>Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. | Тестовые вопросы текущего контроля.<br>Тестовые вопросы рубежного контроля.<br>Вопросы к экзамену. |



|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пользоваться справочной литературой, выбирать марку материала с учетом условий эксплуатации изделия и реальных возможностей производства;</li> <li>– проводить анализ конструктивных схем РДТТ;</li> <li>– проводить расчет корпуса типа «кокон».</li> </ul> | <p>Практические занятия.<br/>Самостоятельная работа студентов.</p> | <p>Практические задачи тестов рубежного контроля.<br/>Задания к практическим занятиям.</p> |
| <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основами технологии производства корпусов РДТТ из композиционных материалов;</li> <li>– основами расчета металлических элементов конструкций РДТТ;</li> <li>– основами расчета элементов конструкций из композиционных материалов.</li> </ul>              | <p>Практические занятия.<br/>Самостоятельная работа студентов.</p> | <p>Отчёты по практическим занятиям.</p>  |

## 2.2 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-2

| Код    | Формулировка компетенции   |
|--------|--|
| АПСК-2 | Способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации в области проектирования, производства и эксплуатации ракетных двигателей твердого топлива |

| Код            | Формулировка дисциплинарной части компетенции   |
|----------------|---|
| АПСК-2.Б1.В.06 | Способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации в области проектирования ракетных двигателей твердого топлива |

## Требования к компонентному составу компетенции

| Перечень компонентов  | Виды учебной работы   | Средства оценки   |
|---|---|---|
| <p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– особенности систем автоматизированного проектирования РДТТ;</li> <li>– области применения систем автоматизированного проектирования РДТТ;</li> <li>– требования к алгоритмам САПР;</li> <li>– общие сведения о суперкомпьютерной технике.</li> </ul>          | <p>Лекции.<br/>Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p> | <p>Тестовые вопросы текущего контроля.<br/>Тестовые вопросы рубежного контроля.<br/>Вопросы к экзамену.</p> |
| <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пользоваться справочной литературой по САПР;</li> <li>– оценивать эффективность суперкомпьютеров при проектировании РДТТ;</li> <li>– осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации в области проектирования,</li> </ul> | <p>Практические занятия.<br/>Самостоятельная работа студентов.</p>                        | <p>Практические задачи тестов рубежного контроля.<br/>Задания к практическим занятиям.</p>                  |

|  |  |                                  |
|--|--|----------------------------------|
| производства и эксплуатации ракетных двигателей твердого топлива.                                  |  |                                  |
| <b>Владеет:</b><br>– основами работы в современных САПР;<br>– информацией о современных САПР РДТТ. | Практические занятия.<br>Самостоятельная работа студентов. | Отчёты по практическим занятиям. |

### 2.3 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-3

| Код    | Формулировка компетенции   |
|--------|--|
| АПСК-3 | Способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагруженности, прочностного, теплового состояния, характеристик ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей, узлов и систем и осуществлять их конструирование |

| Код            | Формулировка дисциплинарной части компетенции   |
|----------------|---|
| АПСК-3.Б1.В.06 | Способность выполнять прочностные, тепловые расчёты и определять внутрибаллистические характеристики ракетных двигателей твёрдого топлива |

### Требования к компонентному составу компетенции

| Перечень компонентов  | Виды учебной работы   | Средства оценки  |
|---|---|--|
| <b>Знает:</b><br>– общие сведения о расчете ВВХ РДТТ;<br>– общие сведения о расчете на прочность твердотопливных зарядов РДТТ;<br>– общие сведения о тепловом расчете РДТТ. | Лекции.<br>Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала. | Тестовые вопросы текущего контроля.<br>Тестовые вопросы рубежного контроля.<br>Вопросы к экзамену. |
| <b>Умеет:</b><br>– проводить расчет ВВХ РДТТ;<br>– проводить расчет на прочность твердотопливных зарядов РДТТ;<br>– проводить тепловой расчет РДТТ.                         | Практические занятия.<br>Самостоятельная работа студентов.                        | Практические задачи тестов рубежного контроля.<br>Задания к практическим занятиям.                 |
| <b>Владеет:</b><br>– основами конструирования изделий из полимерных композиционных материалов;<br>– навыками разработки конструктивной схемы РДТТ.                          | Практические занятия.<br>Самостоятельная работа студентов.                        | Отчёты по практическим занятиям.   |



### 3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

| № п.п. | Виды учебной работы   | Трудоемкость, час.    |
|--------|---|-----------------------|
| 1      | <b>Аудиторная (контактная) работа</b>   | <b>54</b>             |
|        | – лекции (Л)  | 18                    |
|        | – практические занятия (ПЗ)   | 32                    |
|        | <b>Контроль самостоятельной работы (КСР)</b>                                  | <b>4</b>              |
| 2      | <b>Самостоятельная работа</b>   | <b>54</b>             |
|        | – изучение теоретического материала   | 20                    |
|        | – индивидуальные задания  | 20                    |
|        | – выполнение индивидуального задания  | 14                    |
| 3      | <b>Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине</b> | <b>Экзамен<br/>36</b> |
| 4      | <b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b>  |                       |
|        | <b>в часах (ч)</b>  | <b>144</b>            |
|        | <b>в зачётных единицах (ЗЕ)</b>   | <b>4</b>              |

## 4 Содержание учебной дисциплины

### 4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

| Номер учебного модуля    | Номер раздела дисциплины | Номер темы дисциплины | Количество часов и виды занятий (очная форма обучения) |           |           |          |          |                                |                                | Итоговый контроль | Самостоятельная работа | Трудоёмкость, ч/ЗЕТ |                             |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--|-----------|-----------|----------|----------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|
|                          |                          |                       | Аудиторная работа                                      |           |           |          |          | Итого-<br>вый<br>конт-<br>роль | Самостоя-<br>тельная<br>работа |                   |                        |                     | Трудо-<br>ёмкость,<br>ч/ЗЕТ |
|                          |                          |                       | Всего  | Л         | ПЗ        | ЛР       | КСР      |                                |                                |                   |                        |                     |                             |
| 1                        | 2                        | 3                     | 4  | 5         | 6         | 7        | 8        | 9                              | 10                             | 11                |                        |                     |                             |
| 1                        | 1                        | Введение              | 1  | 1         |           |          |          |                                |                                |                   | 1                      |                     |                             |
|                          |                          | 1                     | 5  | 1         | 4         |          |          |                                |                                | 6                 | 11                     |                     |                             |
|                          |                          | 2                     | 5  | 1         | 4         |          |          |                                |                                | 7                 | 12                     |                     |                             |
|                          |                          | 3                     | 6  | 2         | 4         |          |          |                                |                                | 7                 | 13                     |                     |                             |
|                          |                          | 4                     | 6  | 2         | 4         |          |          |                                |                                | 7                 | 13                     |                     |                             |
| Всего по модулю:         |                          |                       | <b>25</b>  | <b>7</b>  | <b>16</b> |          | <b>2</b> |                                | <b>27</b>                      | <b>52/1,44</b>    |                        |                     |                             |
| 2                        | 2                        | 5                     | 5  | 2         | 3         |          |          |                                |                                | 7                 | 12                     |                     |                             |
|                          |                          | 6                     | 5  | 2         | 3         |          |          |                                |                                | 4                 | 9                      |                     |                             |
|                          |                          | 7                     | 6  | 2         | 4         |          |          |                                |                                | 4                 | 10                     |                     |                             |
|                          |                          | 8                     | 6  | 2         | 4         |          |          |                                |                                | 4                 | 10                     |                     |                             |
|                          |                          | 9                     | 2  | 2         |           |          |          |                                |                                | 4                 | 6                      |                     |                             |
|                          |                          | 10                    | 3  | 1         | 2         |          |          |                                |                                | 4                 | 7                      |                     |                             |
| Всего по модулю:         |                          |                       | <b>29</b>  | <b>11</b> | <b>16</b> |          | <b>2</b> |                                | <b>27</b>                      | <b>56/1,56</b>    |                        |                     |                             |
| Промежуточная аттестация |                          |                       |  |           |           |          |          | экзамен<br>36                  |                                |                   |                        |                     |                             |
| <b>Всего:</b>            |                          |                       | <b>54</b>  | <b>18</b> | <b>32</b> | <b>–</b> | <b>4</b> | <b>36</b>                      | <b>54</b>                      | <b>144/4</b>      |                        |                     |                             |

### 4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

#### Модуль 1. Основы конструирования РДТТ

Л – 7 ч, ПЗ – 16 ч, СРС – 27 ч

#### Раздел 1. Основы конструирования РДТТ

Л – 7 ч, ПЗ – 16 ч, СРС – 27 ч

#### Введение

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки специалиста. Состав дисциплины. Формы промежуточного и заключительного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.



### **Тема 1. Основные сведения о РДТТ**

Конструкция двигателя. Из истории развития и применения РДТТ. Классификация РДТТ. Этапы и организация разработки РДТТ. Техническое задание на разработку РДТТ. Взаимосвязь характеристик ракеты и РДТТ.

### **Тема 2. Твёрдотопливные заряды. Характеристики и конструктивная схема РДТТ**

Требования к топливному заряду. Твёрдые ракетные топлива. Заряды ТРТ. Общие сведения о расчете геометрических параметров зарядов ТРТ. Общие сведения о расчете внутрибаллистических параметров РДТТ. Классификация нагрузок, действующих на РДТТ. Разработка исходной конструктивной схемы РДТТ.

### **Тема 3. Выбор конструкционных материалов для несущих конструкций**

Металлы. Волокнистые композиционные материалы.

### **Тема 4. Тепловая защита РДТТ**

Особенности условий работы теплозащитных материалов. Теплозащитные и эрозионностойкие материалы. Температурное состояние конструкций РДТТ.

### **Модуль 2. Расчеты РДТТ**

Л – 11 ч, ПЗ – 16 ч, СРС – 27 ч

### **Раздел 2. Расчеты РДТТ**

Л – 11 ч, ПЗ – 16 ч, СРС – 27 ч

### **Тема 5. Расчет и проектирование элементов конструкций РДТТ**

Расчет и проектирование металлических элементов конструкций. Расчет и проектирование элементов конструкций из волокнистых композиционных материалов. Расчет и проектирование соединений.

### **Тема 6. Общие сведения о расчете на прочность твёрдотопливных зарядов**

Особенности физико-механических свойств ТРТ. Критерии прочности. Расчетные зоны заряда. Общие сведения о расчете напряжений в заряде. Влияние геометрии заряда на прочность. Общие замечания по прочностным расчетам зарядов.

### **Тема 7. Проектирование специальных элементов конструкции РДТТ**

Воспламенители. Способы регулирования тяги. Устройства регулирования тяги.

### **Тема 8. Особенности системы автоматизированного проектирования РДТТ**

Требования к алгоритмам САПР. Применение суперкомпьютеров. Методические основы проектирования РДТТ. Практические рекомендации конструктору.

### **Тема 9. Технологичность конструкции РДТТ**

Особенности применения конструкционных материалов. Особенности изготовления цилиндрических и слабokonических металлических корпусов РДТТ. Технологичность механически обрабатываемых деталей. Металлоемкость и коэффициент использования материала. Технологичность неметаллических конструкций. Рекомендации конструктору корпуса РДТТ по обеспечению технологичности при изготовлении топливного заряда.

## Тема 10. Тенденции развития РДТТ

### 4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы практического занятия  |
|--------|-----------------------|--|
| 1      | 1                     | Основные сведения о РДТТ (обзор по макетам)  |
| 2      | 2,3,4,6,7,9,10        | Изучение макета РДТТ №1  |
| 3      | 2,3,4,6,7,9,10        | Изучение макета РДТТ №2  |
| 4      | 5                     | Расчет и проектирование элементов конструкций РДТТ на примере проектирования корпуса типа «кокон» (по индивидуальному заданию) |
| 5      | 8                     | Общие сведения о САПР РДТТ, применение суперкомпьютерной техники (знакомство с оснащением ВВК ПНИПУ)                           |
|        |                       | <b>Всего 32 ч</b>  |

### 4.4 Перечень тем лабораторных работ

Не предусмотрены.

## 5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.



## 5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

| Номер темы дисциплины | Вид самостоятельной работы студентов | Трудоемкость, час. |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 1                     | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
|                       | Выполнение индивидуального задания   | 2                  |
| 2                     | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
|                       | Выполнение индивидуального задания   | 3                  |
| 3                     | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
|                       | Выполнение индивидуального задания   | 3                  |
| 4                     | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
|                       | Выполнение индивидуального задания   | 3                  |
| 5                     | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
|                       | Выполнение индивидуального задания   | 3                  |
| 6                     | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
| 7                     | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
| 8                     | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
| 9                     | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
| 10                    | Изучение теоретического материала    | 2                  |
|                       | Подготовка к практическому занятию   | 2                  |
| <b>Итого час./ ЗЕ</b> |                                      | <b>54/1,5</b>      |

### 5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 4. Армирующие и связующие материалы и матрицы, используемые при изготовлении металлических композиционных материалов. Критическая длина волокна. Методы намотки.

### 5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрены.

### 5.1.3 Реферат

Не предусмотрен.

#### **5.1.4 Расчетно-графические работы**

Не предусмотрены.

#### **5.1.5 Индивидуальные задания**

Типовые темы индивидуальных заданий

**Модуль 1. Расчет корпуса типа «кокон» (14 ч).**

### **5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются и ставятся проблемные задачи, формируются команды, заслушиваются варианты решения. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: закрепление и углубление знаний, умений и навыков в области конструирования ракетных двигателей твердого топлива, развитие творческой инженерной инициативы, закрепление навыков использования справочной и специальной технической литературы, навыков выполнения графической работы и оформления технической документации.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при которой учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

## **6 Фонд оценочных средств дисциплины**

### **6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- опрос для анализа усвоения материала предыдущей лекции;

### **6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1, 2).



### 6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

#### 1) Зачёт

Не предусмотрен.

#### 2) Экзамен

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание.

Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежного контроля.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблицу планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

### 6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

| Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)  | Вид контроля |    |    |    |         |
|---|--------------|----|----|----|---------|
|   | ТК           | КР | ПЗ | ИЗ | Экзамен |
| <b>Усвоенные знания</b>   |              |    |    |    |         |
| <b>Знает:</b>   |              |    |    |    |         |
| – содержание типового технического задания;   | +            | +  | +  |    | ТВ      |
| – классификацию РДТТ;   | +            | +  | +  |    | ТВ      |
| – требования к топливному заряду;   | +            | +  | +  |    | ТВ      |
| – особенности работы теплозащитных материалов;  | +            | +  | +  |    | ТВ      |
| – характеристики волокнистых композиционных материалов для несущих конструкций;   | +            | +  | +  |    | ТВ      |
| – особенности систем автоматизированного проектирования РДТТ;   | +            | +  |    |    | ТВ      |
| – области применения систем автоматизированного проектирования РДТТ;  | +            | +  |    |    | ТВ      |
| – требования к алгоритмам САПР;   | +            | +  |    |    | ТВ      |
| – общие сведения о суперкомпьютерной технике;   | +            | +  |    |    | ТВ      |
| – общие сведения о расчете ВБХ РДТТ;  | +            | +  |    |    | ТВ      |
| – общие сведения о расчете на прочность твердотопливных зарядов РДТТ;   | +            | +  |    |    | ТВ      |
| – общие сведения о тепловом расчете РДТТ.   | +            | +  |    |    | ТВ      |
| <b>Освоенные умения</b>   |              |    |    |    |         |
| <b>Умеет:</b>   |              |    |    |    |         |
| – пользоваться справочной литературой, выбирать марку материала с учетом условий эксплуатации изделия и реальных возможностей производства; |              |    | +  |    | КЗ      |
| – проводить анализ конструктивных схем РДТТ;  |              |    | +  |    | КЗ      |

| Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)  | Вид контроля |    |    |    |         |
|---|--------------|----|----|----|---------|
|   | ТК           | КР | ПЗ | ИЗ | Экзамен |
| – проводить расчет корпуса типа «кокон»   |              |    | +  |    | КЗ      |
| – пользоваться справочной литературой по САПР;  |              |    | +  |    | КЗ      |
| – оценивать эффективность суперкомпьютеров при проектировании РДТГ;   |              |    | +  |    | КЗ      |
| – осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации в области проектирования, производства и эксплуатации ракетных двигателей твердого топлива; |              |    | +  |    | КЗ      |
| – проводить расчет ВБХ РДТГ;  |              |    | +  |    | КЗ      |
| – проводить расчет на прочность твердотопливных зарядов РДТГ;   |              |    | +  |    | КЗ      |
| – проводить тепловой расчет РДТГ.   |              |    | +  |    | КЗ      |
| <b>Приобретенные владения</b>   |              |    |    |    |         |
| <b>Владеет:</b>   |              |    |    |    |         |
| – основами технологии производства корпусов РДТГ из композиционных материалов;  |              |    |    | +  | КЗ      |
| – основами расчета металлических элементов конструкций РДТГ;  |              |    |    | +  | КЗ      |
| – основами расчета элементов конструкций из КМ;   |              |    |    | +  | КЗ      |
| – основами работы в современных САПР;   |              |    |    | +  | КЗ      |
| – информацией о современных САПР РДТГ;  |              |    |    | +  | КЗ      |
| – основами конструирования изделий из полимерных композиционных материалов;   |              |    |    | +  | КЗ      |
| – навыками разработки конструктивной схемы РДТГ.  |              |    |    | +  | КЗ      |

Примечание:

ТК – текущий контроль знаний по теме (опрос);

КР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка знаний);

ИЗ – индивидуальное задание (оценка умений и владений);

ПЗ – выполнение практических занятий с подготовкой и защитой отчёта (оценка владения);

ТВ – теоретический вопрос; КЗ – комплексное задание экзамена.



### 7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

| Вид работы             | Распределение часов по учебным неделям |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |   | Итого,<br>ч           |
|------------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|---|-----------------------|
|                        | 24                                     | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33        | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 |   |                       |
| <b>Раздел:</b>         | <b>P1</b>                              |    |    |    |    |    |    |    |    | <b>P2</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |   |                       |
| Лекции                 | 2                                      |    | 2  |    | 2  |    | 2  |    | 2  |           | 2  |    | 2  |    | 2  |    | 2  |    | 2 | <b>18</b>             |
| Практ. занятия         | 2                                      | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |    | 2         | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |    |   | <b>32</b>             |
| КСР                    |  |    |    |    |    |    |    |    | 2  |           |    |    |    |    |    |    |    |    | 2 | <b>4</b>              |
| Изучение теор. мат.    | 2                                      |    | 2  |    | 2  |    | 2  |    | 2  |           | 2  |    | 2  |    | 2  | 2  |    |    | 4 | <b>20</b>             |
| Подгот. к практ. зан.  |  | 2  |    | 2  |    | 2  |    | 2  |    | 2         |    | 2  |    | 2  | 2  | 2  | 2  |    |   | <b>20</b>             |
| Индив. задание         |  | 2  |    | 2  |    | 2  |    | 2  |    | 2         |    | 2  |    | 2  |    |    |    |    |   | <b>14</b>             |
| <b>Модуль:</b>         | <b>M1</b>                              |    |    |    |    |    |    |    |    | <b>M2</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |   |                       |
| Контрольные работы     |  |    |    |    |    |    |    |    | +  |           |    |    |    |    |    |    |    |    | + |                       |
| Дисциплин.<br>контроль |  |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |   | <b>Экзамен<br/>36</b> |

## 8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

|  |   |   |                     |   |              |   |                         |  |                    |
|--|---|---|---------------------|---|--------------|---|-------------------------|--|--------------------|
| <b>Б1.В.06</b><br><i>Основы конструирования ракетных двигателей твердого топлива</i> | <b>Блок 1. Дисциплины (модули)</b><br>(блок дисциплины)   |   |                     |   |              |   |                         |  |                    |
| (индекс и полное название дисциплины)  | <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 5%; text-align: center;"> </td> <td style="padding: 0 5px;">базовая часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; width: 5%; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 5px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 5px;">вариативная часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="padding: 0 5px;">по выбору студента</td> </tr> </table> |   | базовая часть блока | x | обязательная | x | вариативная часть блока |  | по выбору студента |
|  | базовая часть блока   | x | обязательная        |   |              |   |                         |  |                    |
| x  | вариативная часть блока   |   | по выбору студента  |   |              |   |                         |  |                    |

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>24.05.02</b>                     | <b>«Проектирование авиационных и ракетных двигателей»,<br/>специализация «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива»</b> |
| (код направления/<br>специальности) | (полное название направления подготовки / специальности)   |

|  |                    |   |                                   |                |   |                                  |
|--|--------------------|---|-----------------------------------|----------------|---|----------------------------------|
| <b>АРД / РД</b>                              | Уровень подготовки | x | специалист<br>бакалавр<br>магистр | Форма обучения | x | очная<br>заочная<br>очно-заочная |
| (аббревиатура направления/<br>специальности) |                    |   |                                   |                |   |                                  |

|  |            |          |                      |           |
|--|------------|----------|----------------------|-----------|
| <b>2017</b>                            | Семестр(ы) | <b>8</b> | Количество групп     | <b>1</b>  |
| год утверждения<br>учебного плана ОПОП |            |          | Количество студентов | <b>25</b> |

|                                     |                         |
|-------------------------------------|-------------------------|
| <b>Модорский Владимир Яковлевич</b> | <b>профессор</b>        |
| (фамилия, инициалы преподавателя)   | (должность)             |
| <b>Аэрокосмический</b>              |                         |
| (факультет)                         |                         |
| <b>РКТЭС</b>                        | <b>2-39-12-33</b>       |
| (кафедра)                           | (контактная информация) |

Карта книго-  
 обеспеченности  
 в библиотеку срана



**8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы,  
необходимой для освоения дисциплины**

| №  | <b>Библиографическое описание</b><br><i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br/>год издания, количество страниц)</i>  | <b>Количество<br/>экземпляров<br/>в библиотеке</b> |
|--|---|--|
| 1  | 2   | 3  |
| <b>1. Основная литература</b>  |   |  |
| 1  | Фахрутдинов И.Х. Ракетные двигатели твердого топлива: учебное пособие / М.: Изд-во Машиностроение, 1981. – 273 с.   | 37   |
| 2  | Фахрутдинов И.Х., Котельников А.В. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.   | 61   |
| 3  | Проектирование и отработка ракетных двигателей на твёрдом топливе: учебное пособие для вузов / Ю.Б. Евграфин. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 353 с.  | 153 +<br>ЭБС ПНИПУ                                 |
| 4  | Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник для вузов / Б.Т. Ерохин. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 596 с.   | 26   |
| <b>2 Дополнительная литература</b>   |   |  |
| <b>2.1 Учебные и научные издания</b>   |   |  |
| 1  | Образцов И.Ф., Васильев В.В., Бунаков В.А. Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 174 с.   | 7  |
| 2  | Теория и расчет ракетных двигателей твердого топлива: учебник для вузов/ Д.И. Абугов, В.М. Бобылев. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.  | 16   |
| 3  | Основы проектирования ракет на твердом топливе / Я.М. Шапиро, Г.Ю. Мазинг, Н.Е. Прудников. – М.: Воениздат, 1968. – 352 с.  | 10   |
| 4  | Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчет и проектирование. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 463 с.  | 3  |
| <b>2.2 Периодические издания</b>   |   |  |
| Не предусмотрены   |   |  |
| <b>2.3 Нормативно-технические издания</b>  |   |  |
| Не предусмотрены   |   |  |
| <b>2.4 Официальные издания</b>   |   |  |
| Не предусмотрены   |   |  |
| <b>2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины</b> |   |  |
| 1  | Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: <a href="http://elib.pstu.ru/">http://elib.pstu.ru/</a> . – Загл. с экрана. |  |

|   |   |  |
|---|---|--|
| 2 | Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных: электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана. |  |
|---|---|--|

**Основные данные об обеспеченности на**

24.10.2017

*(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)*

основная литература  обеспечена  не обеспечена

дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки \_\_\_\_\_ Н.В. Тюрикова

**Данные об обеспеченности на**

*(дата составления рабочей программы)*

основная литература  обеспечена  не обеспечена

дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки \_\_\_\_\_ Н.В. Тюрикова

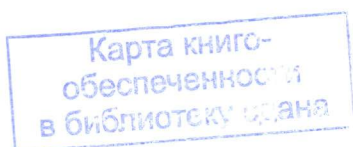
**8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы**

Не предусмотрено.

**8.4 Аудио- и видео-пособия**

Не предусмотрены.





## 9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### 9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

| № п/п | Помещения                    |                          |                 | Площадь, м <sup>2</sup> | Количество посадочных мест |
|-------|------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|
|       | Название                     | Принадлежность (кафедра) | Номер аудитории |                         |                            |
| 1     | 2                            | 3                        | 4               | 5                       | 6                          |
| 1     | Мультимедийная аудитория     | РКТЭС                    | 304 к.Д<br>АКФ  | 72                      | 42                         |
| 2     | Лаборатория ракетной техники | РКТЭС                    |                 | 740                     | 30                         |

### 9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

| № п/п. | Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката) | Кол-во, ед. | Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.) | Номер аудитории              |
|--------|---|-------------|--|------------------------------|
| 1      | 2   | 3           | 4  | 5                            |
| 1      | Проектор  | 1           | Оперативное управление   | 304 к.Д<br>АКФ               |
| 2      | Макет №1  | 1           | Оперативное управление   | Лаборатория ракетной техники |
| 3      | Макет №2  | 1           | Оперативное управление   | Лаборатория ракетной техники |

### Лист регистрации изменений

| №<br>п/п | Содержание изменения | Дата,<br>номер протокола<br>заседания кафедры.<br>Подпись заведующего<br>кафедрой |
|----------|----------------------|---|
| 1        | 2                    | 3   |
| 1        |                      |   |
| 2        |                      |   |
| 3        |                      |   |
| 4        |                      |   |
| 5        |                      |   |
| 6        |                      |   |