

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»



УТВЕРЖДАЮ

Директор

Давыдов И.А.

03.04.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Строительная механика ракет

наименование – полностью

специальность 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

код, наименование – полностью

специализация) Ракетно-космические композитные конструкции

наименование – полностью

уровень образования: специалитет

*удалить ненужные варианты*

форма обучения: очная

очная/очно-заочная/заочная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 5 зачетных единиц(ы)

Кафедра: «Ракетостроение»

полное наименование кафедры, представляющей рабочую программу

Составитель: Уразбахтин Федор Асхатович, д.т.н., профессор

Ф.И.О.(полностью), степень, звание

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и рассмотрена на заседании кафедры «Ракетостроение»

Протокол от 03.04.26 № 4

И.о. заведующего кафедрой «Ракетостроение»



/ Ф. А. Уразбахтин

СОГЛАСОВАНО:

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану 24.05.01 «Проектирование. Производство и эксплуатация ракет и ракетных комплексов». Специализация: Ракетно-космические композитные конструкции

Протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника» от 25.04.26 № 4

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника»



/Ф- А. Уразбахтин  
03.04.2026

Руководитель образовательной программы

24.05.01 «Проектирование. Производство и эксплуатация ракет и ракетных комплексов». по Воткинскому филиалу



/Ф- А. Уразбахтин  
03.04.2026

Аннотация к дисциплине

|                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Название дисциплины</b>                                       | <b>Строительная механика ракет</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Направление (специальность) подготовки</b>                    | 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Направленность (профиль/программа/специализация)</b>          | Ракетно-космические композитные конструкции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Место дисциплины</b>                                          | Часть, формируемая участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Трудоемкость (з.е. / часы)</b>                                | 5 з.е. / 180 часов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Цель изучения дисциплины</b>                                  | Подготовка специалистов к профессиональной деятельности, связанной с проведением анализа и обоснованием вариантов возможных принципиальных решений в области ракетно-космической техники по вопросам прочности и устойчивости.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины</b> | ПК-2. Разработка проектной и рабочей конструкторской документации на ракетную технику (комплексы ракет-носителей, ракеты космического назначения, ракеты-носители, ракетные блоки и их составные части)<br>ПК-5. Способность находить баллистические, прочностные, жесткостные, термоупругие, диссипативные и теплофизические характеристики современных композитных материалов, определять структурные параметры материалов с заданным набором свойств, а также создавать композитные стержневые и оболочечные элементы |
| <b>Содержание дисциплины (основные разделы и темы)</b>           | Основы теории упругости<br>Стержневые системы<br>Теория пластин<br>Основы теории тонких оболочек                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Форма промежуточной аттестации</b>                            | Зачет с оценкой<br>Курсовая работа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## 1. Цели и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины является подготовка специалистов к профессиональной деятельности, связанной с проведением анализа и обоснованием вариантов возможных принципиальных решений в области ракетно-космической техники по вопросам прочности и устойчивости.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетенций в области оценки исторического пути развития ракетостроения;
- выбор расчетных схем и моделей для проведения прочностных и динамических расчетов конструкций;
- выполнение проектных и оценочных расчетов на основе аналитических решений;
- проведение расчетов на ЭВМ с использованием конечно-элементных моделей
- разработка методов расчета конструкций ЛА на прочность, устойчивость и колебания с привлечением ЭВМ;
- обеспечение оптимального проектирования конструкций, исходя из критерия весового совершенства;
- разработка обоснованных технических заданий на проведение испытаний натурных конструкции и моделирование прочностных характеристик изделий;
- обработка и анализ экспериментальных данных, полученных в процессе статических и динамических испытаний конструкций.

## 2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины у обучающегося должны быть сформированы Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

| № п/п | знать                                                                                                                  |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Основ теории расчета на прочность и устойчивость стержневых систем, пластин и оболочек при различных видах нагружения. |
| 2.    | Методов проектных и проверочных расчетов корпусов и элементов конструкций ракеты.                                      |
| 3.    | Методов расчета элементов конструкций на прочность и колебания                                                         |

Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины:

| №п/п | уметь:                                                                                                                                                           |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | Проводить расчеты на прочность и устойчивость пластин, стержневых и оболочечных конструкций при различных способах нагружения.                                   |
| 2.   | Выбирать расчетные схемы и модели для проведения прочностных и динамических расчетов панелей, отсеков и агрегатов конструкций при заданных внешних воздействиях. |
| 3    | Выполнять проектные и оценочные расчеты на прочность, устойчивость и колебания конструкций на основе аналитических решений.                                      |

Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины:

| № п/п | владеть навыками:                                                                                                                            |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Проведения по методикам расчетов на прочность и устойчивость пластин, стержневых и оболочечных конструкций при различных способах нагружения |
| 2.    | Обеспечения оптимального проектирования конструкций, исходя из критерия весового совершенства.                                               |
| 3.    | Разработки обоснованных технических заданий на проведение испытаний натурных конструкции и моделирование прочностных характеристик изделий.  |

### Компетенции, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

| Компетенции                                                                                                                                                                                              | Индексы компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Знания | Умения | Навыки |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| ПК-2. Разработка проектной и рабочей конструкторской документации на ракетную технику (комплексы ракет-носителей, ракеты космического назначения, ракеты-носители, ракетные блоки и их составные части). | ПК-2.1. Знать:<br>- конструкции изделия ракетной техники (в том числе, ракетные двигатели), а также современные средства автоматизации проектирования ракетной техники;<br>- системы и методы проектирования ракетной техники;<br>- методики проведения технических расчетов при конструировании и составных частей ракетной техники.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,2,3  | 2      | 2,3    |
|                                                                                                                                                                                                          | ПК-2.2. Уметь:<br>- читать проектную и конструкторскую документацию, составлять технические предложения на вновь разрабатываемую ракетную технику и ее составные части, системы и агрегаты;<br>- обрабатывать и анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, использовать их при проектировании двигателей, узлов и агрегатов ракетной техники, ее составных блоков и систем;<br>- применять специальные методики технических расчетов характеристик и параметров конструкции ракетной техники.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2,3    | 1,3    | 1      |
|                                                                                                                                                                                                          | ПК-2.3. Владеть навыками:<br>- подготовки проектов технических предложений, сбора и анализа информации для подготовки эскизных, технических проектов на составные части, системы и агрегаты ракетной техники, технических заданий, конструкторской документации для производства ракетной техники, а также порядка согласования конструктивно-силовых и компоновочных схем конструкции ракетной техники в организации;<br>- разработки графических чертежей, общих компоновок ракетной техники и ее составных блоков и систем, а также формирования и выпуска конструктивно-силовых и компоновочных схем конструкции ракетной техники;<br>- проведения технических расчетов по ракетной технике и ее составным частям, определения массо-центровочных и инерционных характеристик ракет, а также модельных (оценочных) аэродинамических, гидравлических, тепловых расчетов, расчетов нагружения, прочности и жесткости элементов конструкции | 2,3    | 1      | 1,3    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| ПК-5. Способность находить баллистические, прочностные, жесткостные, термоупругие, диссипативные и теплофизические характеристики современных композитных материалов, определять структурные параметры материалов с заданным набором свойств, а также создавать композитные стержневые и оболочечные элементы | ПК-5.1. Знать:<br>- методы расчета и особенности конструирования изделий из пластмасс, полимеров, теплозащитных и композиционных материалов;<br>- типы и характеристики современных полимеров, теплозащитных, композиционных материалов и способов их сочетания, основные виды материалов конструкционного и функционального назначения, а также требования к материалам для различных условий эксплуатации;<br>- традиционные и прогрессивные методы формования изделий из композиционных материалов. | 2,3 | 2   | 3   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ПК-5.2. Уметь:<br>- определять физические и механические свойства материалов при различных видах испытаний;<br>- выбирать теплозащитные и композиционные материалы, пластмассы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий;<br>- находить необходимые технологические процессы изготовления материалов, исходя из требуемых эксплуатационных свойств.                                                                     | 2   | 3   | 1   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ПК-5.3. Владеть навыками:<br>- расчета физико-механических свойств теплозащитных и композиционного материала в зависимости от свойств компонентов;<br>- самостоятельного выбора полимеров и композиционных материалов для заданных условий эксплуатации;<br>- составления и использования традиционных и новых технологических процессов получения материалов.                                                                                                                                         | 1   | 1,2 | 2,3 |

### 3. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули)

Дисциплина изучается на 3 курсе во 6 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении дисциплин: Высшая математика, Вариационные методы, Физика, Теоретическая механика, Соппротивление материалов.

Перечень последующих дисциплин (модулей), для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем): Расчет на прочность, жесткость и устойчивость элементов ракеты, Проектирование ракет, Конструирование ракет.

### 4. Структура и содержание дисциплины

#### 4.1. Структура дисциплин

| №<br>п/п | Раздел дисциплины.<br>Форма<br>промежуточной<br>аттестации<br>(по семестрам) | Всего часов на<br>раздел | Семестр | Распределение трудоемкости<br>раздела (в часах) по видам<br>учебной работы |    |     |     |  | СРС | Содержание<br>самостоятельной<br>работы |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|--|-----|-----------------------------------------|
|          |                                                                              |                          |         | контактная                                                                 |    |     |     |  |     |                                         |
|          |                                                                              |                          |         | лек                                                                        | пр | лаб | КЧА |  |     |                                         |

| 1 | 2                             | 3          | 4        | 5         | 6         | 7         | 8          | 9            | 10                                                                             |
|---|-------------------------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Основы теории упругости       | 44         | 6        | 8         | 4         | 4         |            | 18           | Подготовка к экзамену                                                          |
| 2 | Стержневые системы            | 43         | 6        | 8         | 4         | 4         |            | 19           | Курсовая работа.<br>Подготовка к экзамену                                      |
| 3 | Теория пластин.               | 44         | 6        | 8         | 4         | 4         |            | 19           | Подготовка к экзамену                                                          |
| 4 | Основы теории тонких оболочек | 44         | 6        | 8         | 4         | 4         |            | 19           | Подготовка к экзамену                                                          |
| 5 | Курсовой проект               | 36         | 6        |           |           |           |            | 36           | Оценка курсовой работы                                                         |
|   | Зачет с оценкой               | 5          | 6        |           |           |           | 3,4        | 1,6          | Оценка выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости |
|   | <b>Всего 5 семестр</b>        | <b>180</b> | <b>6</b> | <b>32</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>3,4</b> | <b>112,6</b> |                                                                                |

#### 4.2. Содержание разделов курса и формируемых в них компетенций

| № п/п | Раздел дисциплины             | Коды компетенции и индикаторов | Знания | Умения | Навыки | Форма текущего контроля                    |
|-------|-------------------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|--------------------------------------------|
| 1     | Основы теории упругости       | ПК-2.1                         | 2      | 2      | 2,3    | Конспект лекций.                           |
| 2     | Стержневые системы            | ПК-2.2, ПК-2.3                 | 2,3    | 1      | 1      | Конспект лекций.                           |
| 3     | Теория пластин.               | ПК-5.1                         | 2      | 2      | 3      | Конспект лекций.<br>Смотр курсовой работы. |
| 4     | Основы теории тонких оболочек | ПК-5.2,<br>ПК-5.3              | 2<br>1 | 3<br>2 | 1<br>3 | Конспект лекций.                           |
| 5     | Курсовая работа               | ПК-2, ПК-5                     | 1-3    | 1-3    | 1-3    | Конспект лекций.<br>Защита курсовой работы |

#### 4.3. Наименование тем лекций, их содержание и объем в часах

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лекций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Трудоемкость (час) |
|-------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1.    | 1                    | Место строительной механики среди дисциплин специальности.<br>Основы теории упругости: геометрическая теория деформаций; связь между напряжениями и деформациями; первая и вторая граничные задачи в теории упругости.<br>Основные теоремы строительной механики.<br>Примеры решения краевых задач прямыми методами.<br>Многомерные задачи строительной механики.<br>Численные методы решения систем: метод конечных разностей; метод конечных элементов (МКЭ). | 8                  |
| 2     | 2                    | Продольные колебания стержней.<br>Кинематический анализ плоских и пространственных ферм.<br>Классическая теория изгиба балок Бернулли-Эйлера.<br>Балка Тимошенко, основные гипотезы изгиба.<br>Уравнения деформации круговых колец.                                                                                                                                                                                                                             | 8                  |

|                        |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |
|------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3                      | 3 | Расчетная схема пластины.<br>Цилиндрический изгиб пластин, чистый изгиб пластин, кручение пластин.<br>Расчет тонких ортотропных пластин.<br>Круглые пластины.<br>Теория пластин Тимошенко.                                                                                                                                                                                                                 | 8         |
| 4.                     | 4 | Расчетная схема оболочки.<br>Геометрия деформированной поверхности. Оболочка как трехмерный объект.<br>Напряженно-деформированное состояние тонкой оболочки.<br>Уравнения равновесия и движения. Граничные условия.<br>Оболочки вращения. Расчеты оболочек вращения на основе приближенных теорий.<br>Полубезмоментная теория цилиндрических оболочек.<br>Безмоментная теория оболочек, основные гипотезы. | 8         |
| <b>Всего 6 семестр</b> |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>32</b> |

#### 4.4. Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

| № п/п                  | № раздела дисциплины | Наименование практических работ                                                                                                                       | Трудоемкость (час) |
|------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1.                     | 1                    | Основные понятия и общие уравнения теории упругости. Общие свойства напряженно-деформированных состояний. Плоская задача теории упругости.            | 4                  |
| 2.                     | 2                    | Изгиб однопролетных балок. Многопролетные неразрезные балки и рамы. Расчет криволинейных стержней и рам. Матричные методы расчета стержневых систем.  | 4                  |
| 3                      | 3                    | Изгиб и устойчивость пластин. Точные, приближенные и численные методы расчета.                                                                        | 4                  |
| 4                      | 4                    | Расчет оболочек летательных аппаратов: цилиндрические, конические и сферические оболочки. Методы расчета по безмоментной и моментной теориям расчета. | 4                  |
| <b>Всего 6 семестр</b> |                      |                                                                                                                                                       | <b>16</b>          |

#### 4.5. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

| № п/п                  | № раздела дисциплины | Наименование практических работ                                                                | Трудоемкость (час) |
|------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1                      | 1                    | Вычислительный практикум: Оценка напряженного состояния элемента в среде Matcad                | 4                  |
| 2                      | 2                    | Вычислительный практикум: Поиск усилий и перемещений в многостержневой системе                 | 4                  |
| 3                      | 3                    | Вычислительный практикум: Оценка прочности и жесткости пластины в среде Matcad                 | 4                  |
| 4                      | 4                    | Вычислительный практикум: Оценка прочности и жесткости осесимметричной оболочки в среде Matcad | 4                  |
| <b>Всего 6 семестр</b> |                      |                                                                                                | <b>16</b>          |

#### 5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

Для контроля результатов освоения дисциплины проводятся:  
защиты предварительно выданных индивидуальных заданий студентам по расчетам типовых элементов: стержней, пластин и оболочек.

Примечание: Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Промежуточная аттестация по итогам:

- освоения дисциплины – зачет с оценкой,
- по результатам защиты курсовой работы – зачет с оценкой

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература**

1. Виноградов Ю.И. Методы исследования концентрации напряжений в тонкостенных элементах конструкций аэрокосмических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсам «Прочность летательных аппаратов», «Строительная механика». — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. -92 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31073.html>.
2. Строительная механика. Механика инженерных конструкций: Учебник для вузов /А.Е.Саргсян. -М.: Высшая школа, 2008.-462с.
3. Строительная механика несущих конструкций и механизмов стартового оборудования [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Строительная механика установок» / В. С. Абакумов, В. А. Зверев, В. В. Ломакин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. — 23 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31568.html>

### **б) дополнительная литература**

4. Иванов С.П. Изгиб прямоугольных пластин [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. Текстовые данные. -Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2011. -96 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22572.html>.
5. Соколов С. А. Строительная механика и металлические конструкции машин [Электронный ресурс]: учебник. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Политехника, 2016. -423 с. — 978-5-7325-1093-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59487.html>
6. Строительная механика. В 2-х кн. Кн. 2. Динамика и устойчивость упругих систем: Учебное пособие для вузов /А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев.-М.: Высш. школа, 2008.-384с.
7. Строительная механика. В 2-х кн. Кн.1.Статика упругих систем: Учебник для вузов /В.Д. Потапов, А.В. Александров, С.Б. Косицын, Д.Б. Долотказина.-М.: Высш. школа, 2007.-511с.

### **в) методические указания**

1. Уразбахтин Ф.А. Варианты и требования к выполнению курсовой работы. Методические указания по выполнению курсовой работы по строительной механике ракет. – Воткинск, 2018. -48с.
2. Строительная механика [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / С.П. Иванов, О.Г. Иванов, С.Д. Гольман. Электрон. текстовые данные. - Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2010. -92 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22598.html> (вход по паролю).
3. Сорокин Ф.Д. Численный расчет круглых несимметрично нагруженных пластин переменной в радиальном направлении толщины [Электронный ресурс]: методические указания. Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014. -36 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31657.html> (вход по паролю).

### **г) перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети Интернет**

1. Библиотечная система ФГБОУ ВО ИЖГТУ имени М.Т.Калашникова [http://94.181.117.43/cgi-bin/irbis64r\\_12/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS](http://94.181.117.43/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS) .
2. ЭБС IPRbooks - учебники и учебные пособия, монографии, производственно-практические, справочные издания, деловая литература. Ежемесячное пополнение новыми электронными изданиями, периодикой <https://www.iprbookshop.ru/>
3. Библиографическая БД <https://elibrary.ru/>

4. Платформа SpringerLink SpringerNature <https://rd.springer.com/> и <http://materials.springer.com/>
5. База данных zbMath <https://zbmath.org/>
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ) <https://rusneb.ru/>

**д) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Microsoft Office (лицензионное ПО)
2. SMathStudio (свободно распространяемое ПО)
3. Онлайн - трансляторы алгоритмических языков программирования
4. GPSS world for students (свободно распространяемое ПО)
5. Онлайн – калькуляторы различных типов.

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

**1. Лекционные занятия**

Учебные аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации для большой аудитории (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

**2. Лабораторные работы**

Учебная аудитория (ауд. № 219, адрес: 427430, Удмуртская Республика, г. Воткинск, ул. П.И. Шувалова, д. 1) для практических занятий укомплектована специализированной мебелью и компьютерными средствами обучения (ПК) с доступом к сети Интернет и электронной информационно-образовательной среде ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова».

**3. Самостоятельная работа**

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (ауд. № 224, адрес: 427430, Удмуртская Республика, г. Воткинск, ул. П.И. Шувалова, д. 1).

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Воткинский филиал  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»  
(ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

## Оценочные средства

по дисциплине

### **Строительная механика ракет**

(наименование – полностью)

специальность 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

код, наименование – полностью

специализация) Ракетно-космические композитные конструкции

наименование – полностью

уровень образования: специалитет

форма обучения: очная

очная/очно-заочная/заочная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 5 зачетных единицы

## 1. Оценочные средства

Оценивание формирования компетенций производится на основе результатов обучения, приведенных в п. 2 рабочей программы и ФОС. Связь разделов компетенций, индикаторов и форм контроля (текущего и промежуточного) указаны в таблице 4.2 рабочей программы дисциплины.

Оценочные средства соотнесены с результатами обучения по дисциплине и индикаторами достижения компетенций представлены ниже.

| Коды компетенции и индикаторов                                                                                                                                                                           | Результат обучения<br>(знания, умения и навыки)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Формы текущего и промежуточного контроля    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| ПК-2. Разработка проектной и рабочей конструкторской документации на ракетную технику (комплексы ракет-носителей, ракеты космического назначения, ракеты-носители, ракетные блоки и их составные части). | <b>ПК-2.1. Знать:</b><br>- конструкции изделия ракетной техники (в том числе, ракетные двигатели), а также современные средства автоматизации проектирования ракетной техники;<br>- системы и методы проектирования ракетной техники;<br>- методики проведения технических расчетов при конструировании и составных частей ракетной техники.                                                                                                                                                                                       | Защита курсовой работы.<br>Зачет с оценкой. |
|                                                                                                                                                                                                          | <b>ПК-2.2. Уметь:</b><br>- читать проектную и конструкторскую документацию, составлять технические предложения на вновь разрабатываемую ракетную технику и ее составные части, системы и агрегаты;<br>- обрабатывать и анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, использовать их при проектировании двигателей, узлов и агрегатов ракетной техники, ее составных блоков и систем;<br>- применять специальные методики технических расчетов характеристик и параметров конструкции ракетной техники. | Защита курсовой работы.<br>Зачет с оценкой. |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>ПК-2.3. Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подготовки проектов технических предложений, сбора и анализа информации для подготовки эскизных, технических проектов на составные части, системы и агрегаты ракетной техники, технических заданий, конструкторской документации для производства ракетной техники, а также порядка согласования конструктивно-силовых и компоновочных схем конструкции ракетной техники в организации;</li> <li>- разработки графических чертежей, общих компоновок ракетной техники и ее составных блоков и систем, а также формирования и выпуска конструктивно-силовых и компоновочных схем конструкции ракетной техники;</li> <li>- проведения технических расчетов по ракетной технике и ее составным частям, определения массо-центровочных и инерционных характеристик ракет, а также модельных (оценочных) аэродинамических, гидравлических, тепловых расчетов, расчетов нагружения, прочности и жесткости элементов конструкции ракетной техники.</li> </ul> | <p>Защита курсовой работы.<br/>Зачет с оценкой.</p> |
| <p>ПК-5. Способность находить баллистические, прочностные, жесткостные, термоупругие, диссипативные и теплофизические характеристики современных композитных материалов, определять структурные параметры материалов с заданным набором свойств, а также создавать композитные стержневые и оболочечные элементы</p> | <p>ПК-5.1. Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы расчета и особенности конструирования изделий из пластмасс, полимеров, теплозащитных и композиционных материалов;</li> <li>- типы и характеристики современных полимеров, теплозащитных, композиционных материалов и способов их сочетания, основные виды материалов конструкционного и функционального назначения, а также требования к материалам для различных условий эксплуатации;</li> <li>- традиционные и прогрессивные методы формования изделий из композиционных материалов.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Защита курсовой работы.<br/>Зачет с оценкой.</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>ПК-5.2. Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять физические и механические свойства материалов при различных видах испытаний;</li> <li>- выбирать теплозащитные и композиционные материалы, пластмассы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий;</li> <li>- находить необходимые технологические процессы изготовления материалов, исходя из требуемых эксплуатационных свойств.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Защита курсовой работы.<br/>Зачет с оценкой.</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                             |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|  | ПК-5.3. Владеть навыками:<br>- расчета физико-механических свойств теплозащитных и композиционного материала в зависимости от свойств компонентов;<br>- самостоятельного выбора полимеров и композиционных материалов для заданных условий эксплуатации;<br>- составления и использования традиционных и новых технологических процессов получения материалов. | Защита курсовой работы.<br>Зачет с оценкой. |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|

### ***Описание элементов для оценивания формирования компетенций***

***Наименование:*** зачет с оценкой за теоретический материал

#### ***Перечень вопросов для проведения экзамена:***

1. Роль российских ученых в создании и совершенствовании методов расчета напряженно-деформированного состояния и устойчивости конструкций.
2. Геометрические соотношения механики деформируемых тел.
3. Дифференциальные уравнения равновесия в механике деформируемых тел.
4. Физические уравнения механики деформируемых тел.
5. Решение задачи механики деформируемых тел в перемещениях.
6. Решение задачи механики деформируемых тел в напряжениях.
7. Потенциальная энергия деформации упругой системы.
8. Полная энергия упругой системы.
9. Вариационный принцип Лагранжа.
10. Задача об изгибе балки.
11. Дополнительная потенциальная энергия.
12. Вариационный принцип Кастильяно.
13. Принцип наименьшей работы.
14. Теорема Кастильяно.
15. Метод Ритца-Тимошенко решения задач строительной механики.
16. Метод Бубнова-Галеркина решения задач строительной механики.
17. Конечно-разностный метод решения задач строительной механики.
18. Расчетные схемы стержневых систем. геометрическая неизменяемость.
19. Статически определимые фермы. Метод вырезания узлов.
20. Определение перемещений узлов в статически определимых фермах.
21. Определение усилий и перемещений узлов в стержнях статически неопределимых фермах.
22. Определение перемещений в рамах.
23. Определение усилий при нагружении в плоскости шпангоута.
24. Определение перемещений шпангоута.
25. Расчет шпангоутов, нагруженных перпендикулярно их плоскости.
26. Метод перемещений при расчете рам. Канонические уравнения.
27. Определение коэффициентов конических уравнений в методе перемещений.
28. Метод сил в матричной форме.
29. Учет температурных воздействий при расчете стержневых систем в матричной форме.
30. Метод перемещений в матричной форме.
31. Расчетная схема пластины. Гипотезы Кирхгофа.
32. Уравнения теории тонких пластин.
33. Соотношения плоского напряженного состояния пластин.
34. Однородное плоское напряженное состояние.
35. Концентрация напряжений в пластине с отверстиями.
36. Уравнения теории изгиба пластин и граничные условия.
37. Расчет прямоугольных пластин методом Навье.
38. Расчет прямоугольных пластин методом Леви.
39. Расчет прямоугольных пластин методом Ритца-Тимошенко.
40. Расчет прямоугольных пластин методом Бубнова-Галеркина.
41. Расчет прямоугольных пластин методом сеток.

42. Уравнения изгиба круглых пластин.
43. Осесимметричный изгиб круглых пластин.
44. Уравнения равновесия безмоментной оболочки при осесимметричной нагрузке.
45. Сферическая и цилиндрическая безмоментные оболочки под внутренним давлением.
46. Напряжения в безмоментных оболочках от гидростатического давления.
47. Расчет верхних днищ от действия внутреннего гидростатического давления.
48. Напряжения в полусферической оболочке под воздействием аэродинамической нагрузки.
49. Перемещения в симметрично нагруженной цилиндрической оболочке.
50. Перемещения в симметрично нагруженной конической оболочке.
51. Дифференциальные уравнения равновесия оболочек при действии произвольной нагрузки.
52. Усилия в полусферической оболочке от ветровой нагрузки.
53. Усилия в конической оболочке от ветровой нагрузки.
54. Расчет цилиндрической оболочки от действия сосредоточенных сил и моментов.
55. Расчет цилиндрической оболочки на осесимметричную нагрузку.
56. Подкрепленная цилиндрическая оболочка под действием осевого сжатия и внутреннего давления.
57. Определение напряжений в подкрепленной цилиндрической оболочке при нагружении изгибающим моментом, осевой и поперечной силами..

**Пример билета зачет с оценкой**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

**Экзаменационный билет к зачету №**  
по дисциплине **«Строительная механика ракет»**

Вопрос 1. Потенциальная энергия деформации упругой системы.

Вопрос 2. Осесимметричный изгиб круглых пластин.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры Ракетостроения

«        » 20\_\_ г. Протокол №

Зав. кафедрой, \_\_\_\_\_ / ФИО

**2. Критерии и шкалы оценивания**

Для контрольных мероприятий (текущего контроля) устанавливается минимальное и максимальное количество баллов в соответствии с таблицей. Контрольное мероприятие считается пройденным успешно при условии набора количества баллов не ниже минимального.

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при успешном прохождении обучающимся всех контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

| Разделы дисциплины | Форма контроля   | Количество баллов |     |
|--------------------|------------------|-------------------|-----|
|                    |                  | min               | max |
| 1                  | 2                | 3                 | 4   |
| 1                  | Конспект лекций. | 5                 | 10  |
| 2                  | Конспект лекций. | 5                 | 10  |
| 3                  | Конспект лекций. | 5                 | 10  |
| 4                  | Конспект лекций. | 5                 | 10  |
| Итого 6 семестр    |                  | 25                | 40  |

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе текущего контроля успеваемости используются следующие критерии. Минимальное количество баллов

выставляется обучающемуся при выполнении всех показателей, допускаются несущественные неточности в изложении и оформлении материала.

| <i>Наименование, обозначение</i>                                                           | <i>Показатели выставления минимального количества баллов</i>                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Конспект лекций.<br>Наличие отчета по выполнению индивидуальных заданий.<br>Защита отчетов | Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.<br>На защите реферата даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов.<br>Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. |

Промежуточная аттестация по дисциплине во 6 семестре проводится в форме экзамена.

Итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена на основе результатов текущего контроля с использованием следующей шкалы:

| <i>Оценка</i>          | <i>Набрано баллов</i> |
|------------------------|-----------------------|
| «отлично»              | 35-40                 |
| «хорошо»               | 29-34                 |
| «удовлетворительно»    | 25-30                 |
| «не удовлетворительно» | менее 25              |

Если сумма набранных баллов менее 24 – обучающийся не допускается до промежуточной аттестации.

Если сумма баллов составляет от 25 до 40 баллов, обучающийся допускается к зачету с оценкой. Билет к экзамену включает 2 вопроса.

Промежуточная аттестация проводится в компьютерном зале. Время на подготовку: 40 минут.

**Наименование:** зачет с оценкой за курсовую работу

Задание на выполнение курсовой работы задается в форме индивидуального задания. Образец индивидуального задания:

### **Образец технического задания на выполнение курсовой работы**

ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет им.

Утверждаю:

Заведующий кафедрой

«Ракетостроение»

\_\_\_\_\_ Ф.И.О.Уразбахтин Ф.А.

«\_\_» февраля 20\_\_ г.

Структурное подразделение \_\_\_\_\_ Воткинский филиал \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ «Ракетостроение» \_\_\_\_\_

Дисциплина \_\_\_\_\_ Строительная механика ракет \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_ третий \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

Тема: Расчеты на прочность и жесткость элементов ракеты – выделенный элемент, круглая тонкостенная пластина и составная оболочка (вариант № \_\_\_\_\_ ИЗ МЕТОДИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ):

МЕТОДИКА, ТРЕБОВАНИЯ И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ. Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Строительная механика ракет»

Краткое обоснование и основные цели работы: Проектирование силовой конструкции ракеты представляет собой сложный многоступенчатый процесс, к которому предъявляются в основном двумя требованиями: прочностью, жесткостью и минимальной массой. Поиск путей увеличения прочности без увеличения массы или снижения массы без уменьшения прочности и составляют творческое содержание процесса проектирования силовой схемы конструкции. \_\_\_\_\_

Целью работы является овладение - методиками расчета на прочность и жесткость пластин и оболочечных конструкций при различных способах нагружения, приобретение умений проведения расчета на прочность и жесткость элементов ракетной техники.

---

Перечень технических расчетов В ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ:

- а) анализ напряженно-деформированного состояния при оценке прочности элемента конструкции ракеты; \_\_\_\_\_
- б) расчеты на прочность и жесткость круглой стальной пластины при \_\_\_\_\_ осесимметричном изгибе;
- в) расчет на прочность составной оболочки вращения при осесимметричном нагружении.

**Список основной литературы:**

1. Усюкин В.И. Строительная механика конструкций космической техники. –М.: Машиностроение, 1988. -382с.
2. Строительная механика летательных аппаратов/И.Ф. Образцов, Л.А. Булычев, В.В. Васильев и др. –М.: Машиностроение, 1986. -536с.
3. Лекция 8. Расчет оболочек. – Электронный ресурс: <http://www.soprotmat.ru/obol.htm> (дата обращения 12.02.2020).

Период выполнения курсовой работы с \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_ .

Формы контроля и сопровождения: еженедельные консультации, смотры один раз в месяц, публичная защита в зачетную неделю.

Результаты выполнения курсовой работы представляются:

- 1) на бумажном носителе: пояснительная записка; скан заключения по заимствованию (допустимый уровень заимствования не более 35%); \_\_\_\_\_
- 2) на электронном носителе (отсылается по электронной почте) - презентация; пояснительная записка, сканы задания и титульного листа пояснительной записки с \_\_\_\_\_ подписями. \_\_\_\_\_

Научный руководитель курсовой работы (\_\_\_\_\_)  
Студент (\_\_\_\_\_)

*Перечень вопросов при защите курсовой работ:*

Вопросы по первой задаче

1. Для чего исследуются напряженно-деформированные состояния в элементах конструкций?
2. Какие виды напряженно-деформированного состояния встречаются в практике?
3. Дайте определения каждому виду напряженного состояния.
4. Какие напряжения являются главными?
5. Какие оси называются главными?
6. Что отражает тензор напряжений?
7. Укажите формы записи тензора напряжений.
8. Дайте определение тензора деформаций.

9. Разложение тензора напряжений.
10. Разложение тензора деформаций.
11. Определение главных напряжений напряженно-деформированного состояния.
12. Метод решения кубических уравнений.
13. Определение главных деформаций напряженно-деформированного состояния.
14. Определение главных площадок напряженно-деформированного состояния.
15. Определение эквивалентных напряжений.
16. Условия прочности для пластичных и хрупких напряжений.

Вопросы для подготовки к защите по второй задаче

1. Определение пластин. Классификация пластин.
2. Принятые допущения при расчете пластин на прочность и жесткость.
3. Дифференциальное уравнение изгиба тонкой пластины
4. Определение функции прогиба тонкой пластины.
5. Выражения внутренних силовых факторов в зависимости от функции прогиба.
6. Выражения напряжений для пластин в зависимости от функции прогиба.
7. Теории прочности.
8. Условия прочности и жесткости.
9. Варианты оценки работоспособности пластин.
10. Определение допускаемых изгибающих моментов при расчетах по методам допускаемых напряжений.

Вопросы для подготовки к защите по третьей задаче

1. Что называется оболочкой?
2. Приведите примеры конструкций, которые могут быть отнесены к оболочкам?
3. Какие элементы конструкций относятся к тонкостенным сосудам?
4. Какая теория используется при расчете тонкостенных сосудов?
5. Какая поверхность называется срединной поверхностью оболочки?
6. Какая оболочка называется осесимметричной?
7. Сформулируйте основные положения безмоментной теории оболочек?
8. В каких случаях можно использовать безмоментную теорию?
9. Запишите уравнение Лапласа для тонкой оболочки.
10. Запишите уравнение равновесия отсеченной части осесимметричной оболочки.
11. Запишите условие четвертой теории прочности для оболочек.
12. Какая разница между меридиальным и окружным напряжениями?

4.2. Допущенным к защите курсовой работы считается обучающийся:

- выполнивший и оформивший пояснительную записку;
- подготовившийся к защите курсовой работы;
- оформивший презентацию к представлению материалов курсовой работы;
- получивший заключение по «антиплагиату» пояснительной записки (предельно допустимый порог заимствования не должен превышать 35%).

*Критерии оценок защиты курсовой работы:*

- «неудовлетворительно» - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос и не решил правильно задачи;
- «удовлетворительно» - обучающийся развернуто и правильно ответил на вопросы одной задачи или правильно решил правильно только одну задачу;
- «хорошо» - обучающийся развернуто и правильно ответил на вопросы обеих задач и правильно решил только одну задачу;
- «отлично» - обучающийся развернуто и правильно ответил на все вопросы и правильно решил все задачи.