

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СФУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИИФиРЭ  
А.В. Минаков  
«05» 03 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ПРОЧНОСТИ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЙ БРЭС КА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**

Направленность (профиль) / специализация: **Проектирование электронных средств космических аппаратов**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Институт инженерной физики и радиоэлектроники**

Кафедра: **приборостроения и наноэлектроники**

Курс: **4**

Семестр: **7, 8**

Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 7 семестр | 8 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 36        | 18        | 54    | часов   |
| Практические занятия               | 18        | 36        | 54    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 54        | 54        | 108   | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 108       | 108       | 216   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 3         | 3         | 6     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет                          | 7       |
| Зачет                          | 8       |

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Нариманова Г.Н.  
Должность: И.о. проректора по УРиМД  
Дата подписания: 05.03.2025  
Уникальный программный ключ:  
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Красноярск

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины «Основы прочности, моделирования и испытаний БРЭС КА» является формирование знаний, умений и навыков, позволяющих освоить современные подходы к оценке прочности, проведению моделирования и испытаний радиоэлектронных средств.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Получение знаний о методах и средствах проведения моделирования и испытаний для обеспечения прочности радиоэлектронных средств на этапе проектирования;
2. Развитие и углубление умения проведения расчетов и испытаний для обеспечения прочности радиоэлектронных средств;
3. Формирование и закрепление навыков разработки моделей конструкций и проведения испытаний БРЭС КА.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.15.

Реализуется без применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция                                                                                                                                                            | Индикаторы достижения компетенции                                                                               | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Универсальные компетенции</b>                                                                                                                                       |                                                                                                                 |                                                                                                                                      |
| -                                                                                                                                                                      | -                                                                                                               | -                                                                                                                                    |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>                                                                                                                                |                                                                                                                 |                                                                                                                                      |
| -                                                                                                                                                                      | -                                                                                                               | -                                                                                                                                    |
| <b>Профессиональные компетенции</b>                                                                                                                                    |                                                                                                                 |                                                                                                                                      |
| ПК-4. Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам | ПК-4.1. Знает принципы построения технического задания при разработке электронных блоков                        | Знает основные принципы определения требований к прочности радиоэлектронных средств и проведению испытаний                           |
|                                                                                                                                                                        | ПК-4.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации | Умеет проводить оценочные расчеты для определения прочности на основе моделирования и результатов испытаний радиоэлектронных средств |
|                                                                                                                                                                        | ПК-4.3. Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами         | Владеет навыками моделирования для оценки прочности элементов конструкций радиоэлектронных средств                                   |

|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-10. Способен аргументированно выбирать методы, средства, материалы конструирования радиоэлектронных средств космических аппаратов для обеспечения защиты от внешних воздействующих факторов | ПК-10.1. Знает основные средства, компоненты и материалы, используемые при разработке электронных средств космических аппаратов                                                                                         | Знает основные средства, компоненты и материалы, используемые при разработке электронных средств с учетом требований к прочности радиоэлектронных средств |
|                                                                                                                                                                                                | ПК-10.2. Умеет выбирать методы, средства, материалы для обеспечения надежной работы разрабатываемых электронных средств при различных тепловых, механических, климатических, электрических и других воздействиях на них | Умеет выбирать методы, средства, материалы для обеспечения требований к прочности разрабатываемых радиоэлектронных средств                                |
|                                                                                                                                                                                                | ПК-10.3. Владеет навыками и приемами обеспечения работоспособности устройств при различных условиях эксплуатации                                                                                                        | Владеет навыками и приемами обеспечения работоспособности радиоэлектронных средств при различных условиях эксплуатации                                    |

#### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности                                                                                             | Всего часов | Семестры  |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|-----------|
|                                                                                                                       |             | 7 семестр | 8 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>                                               | 108         | 54        | 54        |
| Лекционные занятия                                                                                                    | 54          | 36        | 18        |
| Практические занятия                                                                                                  | 54          | 18        | 36        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 108         | 54        | 54        |
| Подготовка к зачету                                                                                                   | 10          | 6         | 4         |
| Подготовка к тестированию                                                                                             | 10          | 6         | 4         |
| Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию                                                                 | 24          | 12        | 12        |
| Выполнение индивидуального задания                                                                                    | 36          | 18        | 18        |
| Написание отчета по индивидуальному заданию                                                                           | 28          | 12        | 16        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>                                                                                   | 216         | 108       | 108       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>                                                                                    | 6           | 3         | 3         |

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины                                                              | Лек.<br>зан.,<br>ч | Прак.<br>зан., ч | Сам.<br>раб.,<br>ч | Всего<br>часов (без<br>экзамена) | Формируемые<br>компетенции |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------|
| <b>7 семестр</b>                                                                                |                    |                  |                    |                                  |                            |
| 1 Конструкционные материалы космической техники                                                 | 6                  | -                | 2                  | 8                                | ПК-10, ПК-4                |
| 2 Критерии прочности материалов                                                                 | 6                  | -                | 2                  | 8                                | ПК-10, ПК-4                |
| 3 Моделирование механических процессов в конструкциях                                           | 6                  | -                | 2                  | 8                                | ПК-10, ПК-4                |
| 4 Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции                               | 6                  | 6                | 16                 | 28                               | ПК-10, ПК-4                |
| 5 Динамические процессы в конструкциях                                                          | 6                  | 6                | 16                 | 28                               | ПК-10, ПК-4                |
| 6 Исследование усталости элементов конструкций                                                  | 6                  | 6                | 16                 | 28                               | ПК-10, ПК-4                |
| Итого за семестр                                                                                | 36                 | 18               | 54                 | 108                              |                            |
| <b>8 семестр</b>                                                                                |                    |                  |                    |                                  |                            |
| 7 Обеспечение надежности                                                                        | 4                  | -                | 2                  | 6                                | ПК-10, ПК-4                |
| 8 Анализ характеристик материалов, применяемых в бортовой РЭА КА                                | 4                  | -                | 2                  | 6                                | ПК-10, ПК-4                |
| 9 Моделирование процессов, происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических нагрузок | 6                  | 24               | 25                 | 55                               | ПК-10, ПК-4                |
| 10 Механические испытания бортовой РЭА КА                                                       | 4                  | 12               | 25                 | 41                               | ПК-10, ПК-4                |
| Итого за семестр                                                                                | 18                 | 36               | 54                 | 108                              |                            |
| Итого                                                                                           | 54                 | 54               | 108                | 216                              |                            |

**5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины**

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>                   |                                                          |                                      |                         |

|                                                       |                                                                                                                                                                                                   |   |             |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------|
| 1 Конструкционные материалы космической техники       | Введение. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам космической техники.                                                                                                             | 2 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                       | Виды конструкционных материалов, применяемые в РЭА КА.                                                                                                                                            | 2 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                       | Критерии выбора конструкционных материалов. Группы конструкционных критериев: прочности, жёсткости, надёжности и долговечности. Экономические и технологические критерии.                         | 2 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                       | Итого                                                                                                                                                                                             | 6 |             |
| 2 Критерии прочности материалов                       | Критерии прочности материалов. Критерии при статических нагрузках. Предел текучести. Предел прочности.                                                                                            | 2 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                       | Напряжённое состояние в точке тела. Критерий наибольших нормальных напряжений. Критерий наибольших касательных напряжений. Энергетический критерий Мизеса. Критерий Мора-Кулона. Прочие критерии. | 2 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                       | Критерии при циклических нагрузках.                                                                                                                                                               | 2 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                       | Итого                                                                                                                                                                                             | 6 |             |
| 3 Моделирование механических процессов в конструкциях | Моделирование механических процессов, протекающих в конструкциях радиоэлектронных систем. Деформация. Механические напряжения. Перемещения.                                                       | 2 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                       | Постановка задачи. Уравнения, описывающие механические процессы в конструкциях. Граничные и начальные условия.                                                                                    | 2 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                       | Численные методы. Основы метода конечных элементов. Формирование сетки. Конечно-элементная аппроксимация. Формирование системы уравнений. Построение решения.                                     | 2 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                       | Итого                                                                                                                                                                                             | 6 |             |

|                                                                   |                                                                                                                                                  |    |             |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------|
| 4 Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции | Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции в линейной постановке. Оценка прочности конструкции на основе линейного анализа. | 4  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции. Нелинейный анализ.                                                              | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Итого                                                                                                                                            | 6  |             |
| 5 Динамические процессы в конструкциях                            | Динамические процессы в конструкциях. Моделирование колебаний элементов конструкции.                                                             | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Расчет формы потери устойчивости                                                                                                                 | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Моделирование реакции конструкции на ударное воздействие.                                                                                        | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Итого                                                                                                                                            | 6  |             |
| 6 Исследование усталости элементов конструкций                    | Исследование усталости элементов конструкции. Постановка задачи.                                                                                 | 4  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Исследование усталости элементов конструкции. Проведение расчета. Анализ результатов.                                                            | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Итого                                                                                                                                            | 6  |             |
| Итого за семестр                                                  |                                                                                                                                                  | 36 |             |
| <b>8 семестр</b>                                                  |                                                                                                                                                  |    |             |
| 7 Обеспечение надежности                                          | Общая характеристика конструкций спутниковых платформ АО «ИСС»                                                                                   | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Общая характеристика конструкций бортовой РЭА АО «ИСС» как элемента КА                                                                           | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Итого                                                                                                                                            | 4  |             |
| 8 Анализ характеристик материалов, применяемых в бортовой РЭА КА  | Анализ применяемых материалов в бортовой РЭА КА и анализ их физико-механических характеристик                                                    | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Методология проведения расчетов на прочность                                                                                                     | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                   | Итого                                                                                                                                            | 4  |             |

|                                                                                                 |                                                                                                                 |    |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------|
| 9 Моделирование процессов, происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических нагрузок | Принципы создания САД-моделей при разработке бортовой РЭА КА                                                    | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Принципы создания САЕ-моделей при разработке бортовой РЭА КА                                                    | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Методология моделирования процессов происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических факторов        | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Итого                                                                                                           | 6  |             |
| 10 Механические испытания бортовой РЭА КА                                                       | Средства механических испытаний бортовой РЭА КА                                                                 | 2  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Методики механических испытаний бортовой РЭА КА и технические требования к экспериментальному оборудованию      | 1  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Выявление конструктивных и производственно-технологических дефектов при механических испытаниях бортовой РЭА КА | 1  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Итого                                                                                                           | 4  |             |
| Итого за семестр                                                                                |                                                                                                                 | 18 |             |
| Итого                                                                                           |                                                                                                                 | 54 |             |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины                                | Наименование практических занятий (семинаров)                                           | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>                                                  |                                                                                         |                 |                         |
| 4 Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции | Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции в линейной постановке   | 4               | ПК-4, ПК-10             |
|                                                                   | Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции в нелинейной постановке | 2               | ПК-4, ПК-10             |
|                                                                   | Итого                                                                                   | 6               |                         |
| 5 Динамические процессы в конструкциях                            | Моделирование колебаний элементов конструкции.                                          | 2               | ПК-4, ПК-10             |
|                                                                   | Расчет формы потери устойчивости                                                        | 2               | ПК-4, ПК-10             |
|                                                                   | Моделирование реакции конструкции на ударное воздействие.                               | 2               | ПК-4, ПК-10             |
|                                                                   | Итого                                                                                   | 6               |                         |

|                                                                                                 |                                                                                                                 |    |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------|
| 6 Исследование усталости элементов конструкций                                                  | Исследование усталости элементов конструкции.                                                                   | 6  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Итого                                                                                                           | 6  |             |
| Итого за семестр                                                                                |                                                                                                                 | 18 |             |
| <b>8 семестр</b>                                                                                |                                                                                                                 |    |             |
| 9 Моделирование процессов, происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических нагрузок | Принципы создания САД-моделей при разработке бортовой РЭА КА                                                    | 6  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Принципы создания САЕ-моделей при разработке бортовой РЭА КА                                                    | 6  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Методология моделирования процессов происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических факторов        | 12 | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Итого                                                                                                           | 24 |             |
| 10 Механические испытания бортовой РЭА КА                                                       | Методики механических испытаний бортовой РЭА КА и технические требования к экспериментальному оборудованию      | 6  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Выявление конструктивных и производственно-технологических дефектов при механических испытаниях бортовой РЭА КА | 6  | ПК-4, ПК-10 |
|                                                                                                 | Итого                                                                                                           | 12 |             |
| Итого за семестр                                                                                |                                                                                                                 | 36 |             |
| Итого                                                                                           |                                                                                                                 | 54 |             |

#### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины              | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| <b>7 семестр</b>                                |                             |                 |                         |                |
| 1 Конструкционные материалы космической техники | Подготовка к зачету         | 1               | ПК-4, ПК-10             | Зачёт          |
|                                                 | Подготовка к тестированию   | 1               | ПК-4, ПК-10             | Тестирование   |
|                                                 | Итого                       | 2               |                         |                |

|                                                                   |                                                       |    |             |                                          |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----|-------------|------------------------------------------|
| 2 Критерии прочности материалов                                   | Подготовка к зачету                                   | 1  | ПК-4, ПК-10 | Зачёт                                    |
|                                                                   | Подготовка к тестированию                             | 1  | ПК-4, ПК-10 | Тестирование                             |
|                                                                   | Итого                                                 | 2  |             |                                          |
| 3 Моделирование механических процессов в конструкциях             | Подготовка к зачету                                   | 1  | ПК-4, ПК-10 | Зачёт                                    |
|                                                                   | Подготовка к тестированию                             | 1  | ПК-4, ПК-10 | Тестирование                             |
|                                                                   | Итого                                                 | 2  |             |                                          |
| 4 Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции | Подготовка к зачету                                   | 1  | ПК-4, ПК-10 | Зачёт                                    |
|                                                                   | Подготовка к тестированию                             | 1  | ПК-4, ПК-10 | Тестирование                             |
|                                                                   | Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию | 4  | ПК-4, ПК-10 | Защита отчета по индивидуальному заданию |
|                                                                   | Выполнение индивидуального задания                    | 6  | ПК-4, ПК-10 | Индивидуальное задание                   |
|                                                                   | Написание отчета по индивидуальному заданию           | 4  | ПК-4, ПК-10 | Отчет по индивидуальному заданию         |
|                                                                   | Итого                                                 | 16 |             |                                          |
| 5 Динамические процессы в конструкциях                            | Подготовка к зачету                                   | 1  | ПК-4, ПК-10 | Зачёт                                    |
|                                                                   | Подготовка к тестированию                             | 1  | ПК-4, ПК-10 | Тестирование                             |
|                                                                   | Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию | 4  | ПК-4, ПК-10 | Защита отчета по индивидуальному заданию |
|                                                                   | Выполнение индивидуального задания                    | 6  | ПК-4, ПК-10 | Индивидуальное задание                   |
|                                                                   | Написание отчета по индивидуальному заданию           | 4  | ПК-4, ПК-10 | Отчет по индивидуальному заданию         |
|                                                                   | Итого                                                 | 16 |             |                                          |

|                                                                                                 |                                                       |    |             |                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----|-------------|------------------------------------------|
| 6 Исследование усталости элементов конструкций                                                  | Подготовка к зачету                                   | 1  | ПК-4, ПК-10 | Зачёт                                    |
|                                                                                                 | Подготовка к тестированию                             | 1  | ПК-4, ПК-10 | Тестирование                             |
|                                                                                                 | Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию | 4  | ПК-4, ПК-10 | Защита отчета по индивидуальному заданию |
|                                                                                                 | Выполнение индивидуального задания                    | 6  | ПК-4, ПК-10 | Индивидуальное задание                   |
|                                                                                                 | Написание отчета по индивидуальному заданию           | 4  | ПК-4, ПК-10 | Отчет по индивидуальному заданию         |
|                                                                                                 | Итого                                                 | 16 |             |                                          |
| Итого за семестр                                                                                |                                                       | 54 |             |                                          |
| 8 семестр                                                                                       |                                                       |    |             |                                          |
| 7 Обеспечение надежности                                                                        | Подготовка к зачету                                   | 1  | ПК-4, ПК-10 | Зачёт                                    |
|                                                                                                 | Подготовка к тестированию                             | 1  | ПК-4, ПК-10 | Тестирование                             |
|                                                                                                 | Итого                                                 | 2  |             |                                          |
| 8 Анализ характеристик материалов, применяемых в бортовой РЭА КА                                | Подготовка к зачету                                   | 1  | ПК-4, ПК-10 | Зачёт                                    |
|                                                                                                 | Подготовка к тестированию                             | 1  | ПК-4, ПК-10 | Тестирование                             |
|                                                                                                 | Итого                                                 | 2  |             |                                          |
| 9 Моделирование процессов, происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических нагрузок | Подготовка к зачету                                   | 1  | ПК-4, ПК-10 | Зачёт                                    |
|                                                                                                 | Подготовка к тестированию                             | 1  | ПК-4, ПК-10 | Тестирование                             |
|                                                                                                 | Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию | 6  | ПК-4, ПК-10 | Защита отчета по индивидуальному заданию |
|                                                                                                 | Выполнение индивидуального задания                    | 9  | ПК-4, ПК-10 | Индивидуальное задание                   |
|                                                                                                 | Написание отчета по индивидуальному заданию           | 8  | ПК-4, ПК-10 | Отчет по индивидуальному заданию         |
|                                                                                                 | Итого                                                 | 25 |             |                                          |

|                                           |                                                       |     |             |                                          |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----|-------------|------------------------------------------|
| 10 Механические испытания бортовой РЭА КА | Подготовка к зачету                                   | 1   | ПК-4, ПК-10 | Зачёт                                    |
|                                           | Подготовка к тестированию                             | 1   | ПК-4, ПК-10 | Тестирование                             |
|                                           | Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию | 6   | ПК-4, ПК-10 | Защита отчета по индивидуальному заданию |
|                                           | Выполнение индивидуального задания                    | 9   | ПК-4, ПК-10 | Индивидуальное задание                   |
|                                           | Написание отчета по индивидуальному заданию           | 8   | ПК-4, ПК-10 | Отчет по индивидуальному заданию         |
|                                           | Итого                                                 | 25  |             |                                          |
| Итого за семестр                          |                                                       | 54  |             |                                          |
| Итого                                     |                                                       | 108 |             |                                          |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           | Формы контроля                                                                                                          |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Сам. раб. |                                                                                                                         |
| ПК-4                    | +                         | +          | +         | Зачёт, Защита отчета по индивидуальному заданию, Индивидуальное задание, Отчет по индивидуальному заданию, Тестирование |
| ПК-10                   | +                         | +          | +         | Зачёт, Защита отчета по индивидуальному заданию, Индивидуальное задание, Отчет по индивидуальному заданию, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля                           | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|
| <b>7 семестр</b>                         |                                                |                                             |                                                           |                  |
| Зачёт                                    | 3                                              | 5                                           | 10                                                        | 18               |
| Защита отчета по индивидуальному заданию | 3                                              | 7                                           | 9                                                         | 19               |
| Индивидуальное задание                   | 5                                              | 8                                           | 10                                                        | 23               |

|                                          |    |    |     |     |
|------------------------------------------|----|----|-----|-----|
| Отчет по индивидуальному заданию         | 3  | 7  | 8   | 18  |
| Тестирование                             | 4  | 8  | 10  | 22  |
| Итого максимум за период                 | 18 | 35 | 47  | 100 |
| Нарастающим итогом                       | 18 | 53 | 100 | 100 |
| <b>8 семестр</b>                         |    |    |     |     |
| Зачёт                                    | 3  | 5  | 10  | 18  |
| Защита отчета по индивидуальному заданию | 3  | 7  | 9   | 19  |
| Индивидуальное задание                   | 5  | 8  | 10  | 23  |
| Отчет по индивидуальному заданию         | 3  | 7  | 8   | 18  |
| Тестирование                             | 4  | 8  | 10  | 22  |
| Итого максимум за период                 | 18 | 35 | 47  | 100 |
| Нарастающим итогом                       | 18 | 53 | 100 | 100 |

## 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля                       | Оценка |
|-------------------------------------------------------|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 2      |

## 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице

6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка                               | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS)           |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------|
| 5 (отлично) (зачтено)                | 90 – 100                                                 | A (отлично)             |
| 4 (хорошо) (зачтено)                 | 85 – 89                                                  | B (очень хорошо)        |
|                                      | 75 – 84                                                  | C (хорошо)              |
|                                      | 70 – 74                                                  | D (удовлетворительно)   |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69                                                  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64                                                  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов                                           | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Порошин, В. Б. Конструкционная прочность : Учебник / В.Б. Порошин. – Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет). – Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 440 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=LANY-15.03.03/%D0%9F%20598-727377233..>

2. Ильинкова, Т.А. Конструкционная прочность материалов : учебное пособие / Т.А. Ильинкова, А.В. Ильинков – Казань : КНИТУ-КАИ, 2021. – 76 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=LANY-621.002.3%20%28075.8%29/%D0%98%20462-848761150.>

## **7.2. Дополнительная литература**

1. Фомич, Л. М. Диагностика, надежность и испытания ЭС : метод. указ. / Л. М. Фомич ; Краснояр. гос. техн. ун-т. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. – 59 с. (наличие в библиотеке СФУ - 9 экз.).
2. Барашков, В. А. Механические воздействия и защита электронных средств: Учеб. пособие / В. А. Барашков, А. А. Левицкий. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. - 122 с. (наличие в библиотеке СФУ - 59 экз.).
3. Королев, В. Л. Основы испытаний на надежность : учеб. пособие / В. Л. Королев ; Краснояр. гос. техн. ун-т. - Красноярск, 1996. - 133 с. (наличие в библиотеке СФУ - 1 экз.).
4. Токарев, М. Ф. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры : учеб. пособие для вузов / М. Ф. Токарев. - Москва : Радио и связь, 1984. - 221 с. (наличие в библиотеке СФУ - 2 экз.).
5. Талицкий, Е. Н. Защита РЭА от механических воздействий (уменьшение резонансных колебаний) : учебное пособие / Е. Н. Талицкий ; М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР, Владимир. политехн. ин-т. - Владимир : ВПИ, 1979. (наличие в библиотеке СФУ - 1 экз.).
6. Талицкий Е. Н. Защита электронных средств от механических воздействий. Теоретические основы: Учеб. пособие / Владим. гос. ун-т. Владимир, 2001. 256 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/677/1/%D0%A2%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%BA%D0%B8%D0%B9.pdf>.
7. Гречух, И. Н. Прочность ракетных конструкций : учеб. пособие / Гречух И. Н., Гречух Л. И. – Омск : ОмГТУ, 2019. – 251 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=LANY-629.76%28075%29/%D0%93%20816-697939801.>

## **7.3. Учебно-методические пособия**

### **7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств : учеб.-метод. пособие / Сиб. федерал. ун-т ; сост.: А. А. Левицкий, С. И. Трегубов.. – Красноярск : СФУ, 2013. – с. 65. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=BOOK1-621.396/%D0%9C744-076167>.
2. Основы проектирования электронных средств : электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины / С. И. Трегубов [и др.] ; Сиб. федерал. ун-т. - Красноярск : ИПК СФУ, 2008. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=UMKD-UMKD621.396/%D0%9E-75-174246>.

### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

## **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа и СФУ открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>, <https://bik.sfu-kras.ru/elib/databases>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Описание имеющегося оборудования:

- Интерактивная панель;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Office 2016 (2007, 2019);
- Windows 10 (7, 8).
- КОМПАС-3D. Инженерное программное обеспечение для проектирования компании Аскон.

Система трехмерного твердотельного моделирования.

- SolidWorks. Расширенная версия программы для проектирования изделий с учетом требований промышленного производства;
- ANSYS WB.

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы).

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную

информационно-образовательную среду СФУ.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome;
- КОМПАС-3D. Инженерное программное обеспечение для проектирования компании Аскон.

Система трехмерного твердотельного моделирования;

- SolidWorks. Расширенная версия программы для проектирования изделий с учетом требований промышленного производства;
- ANSYS WB.

### **8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины                    | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ)            |
|-------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------------------|
| 1 Конструкционные материалы космической техники       | ПК-10, ПК-4             | Зачёт          | Перечень вопросов для зачета        |
|                                                       |                         | Тестирование   | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Критерии прочности материалов                       | ПК-10, ПК-4             | Зачёт          | Перечень вопросов для зачета        |
|                                                       |                         | Тестирование   | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Моделирование механических процессов в конструкциях | ПК-10, ПК-4             | Зачёт          | Перечень вопросов для зачета        |
|                                                       |                         | Тестирование   | Примерный перечень тестовых заданий |

|                                                                   |             |                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 4 Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции | ПК-10, ПК-4 | Зачёт                                    | Перечень вопросов для зачета                                  |
|                                                                   |             | Защита отчета по индивидуальному заданию | Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий |
|                                                                   |             | Индивидуальное задание                   | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                   |             | Отчет по индивидуальному заданию         | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                   |             | Тестирование                             | Примерный перечень тестовых заданий                           |
| 5 Динамические процессы в конструкциях                            | ПК-10, ПК-4 | Зачёт                                    | Перечень вопросов для зачета                                  |
|                                                                   |             | Защита отчета по индивидуальному заданию | Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий |
|                                                                   |             | Индивидуальное задание                   | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                   |             | Отчет по индивидуальному заданию         | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                   |             | Тестирование                             | Примерный перечень тестовых заданий                           |
| 6 Исследование усталости элементов конструкций                    | ПК-10, ПК-4 | Зачёт                                    | Перечень вопросов для зачета                                  |
|                                                                   |             | Защита отчета по индивидуальному заданию | Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий |
|                                                                   |             | Индивидуальное задание                   | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                   |             | Отчет по индивидуальному заданию         | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                   |             | Тестирование                             | Примерный перечень тестовых заданий                           |
| 7 Обеспечение надежности                                          | ПК-10, ПК-4 | Зачёт                                    | Перечень вопросов для зачета                                  |
|                                                                   |             | Тестирование                             | Примерный перечень тестовых заданий                           |
| 8 Анализ характеристик материалов, применяемых в бортовой РЭА КА  | ПК-10, ПК-4 | Зачёт                                    | Перечень вопросов для зачета                                  |
|                                                                   |             | Тестирование                             | Примерный перечень тестовых заданий                           |

|                                                                                                 |             |                                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 9 Моделирование процессов, происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических нагрузок | ПК-10, ПК-4 | Зачёт                                    | Перечень вопросов для зачета                                  |
|                                                                                                 |             | Защита отчета по индивидуальному заданию | Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий |
|                                                                                                 |             | Индивидуальное задание                   | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                                                 |             | Отчет по индивидуальному заданию         | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                                                 |             | Тестирование                             | Примерный перечень тестовых заданий                           |
| 10 Механические испытания бортовой РЭА КА                                                       | ПК-10, ПК-4 | Зачёт                                    | Перечень вопросов для зачета                                  |
|                                                                                                 |             | Защита отчета по индивидуальному заданию | Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий |
|                                                                                                 |             | Индивидуальное задание                   | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                                                 |             | Отчет по индивидуальному заданию         | Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий           |
|                                                                                                 |             | Тестирование                             | Примерный перечень тестовых заданий                           |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |                                                             |                                                            |
|----------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                            |                                            | знать                                                                               | уметь                                                       | владеть                                                    |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания                                          | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков    |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания                                               | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |

|             |                                            |                                                         |                                                          |                                                                      |
|-------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 4 (хорошо)  | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | $\geq 90\%$ от максимальной суммы баллов   | сформированные систематические знания                   | сформированное умение                                    | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка                     | Формулировка требований к степени компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.                                                                                                                                                                                           |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.                                                                                                                                     |
| 5 (отлично)                | Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.                             |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Позволяет ли расчет напряженно-деформированного состояния конструкции в линейной постановке в САЕ-программе получить описание процесса разрушения (образования трещин, разрывов)?

- а) нет;
- б) да;
- в) да, но только при больших приложенных нагрузках.

2. Какие виды ошибок следует учитывать при моделировании конструкций в САЕ-программах?

- а) аддитивные и мультипликативные;
- б) пересечения, сокращения и сохранения;
- в) усечения, округления и распространения.

3. Для механических напряжений используются единица измерения

- а) метр;
- б) грамм;
- в) ньютон;
- г) паскаль;

4. Для каких материалов критерий максимальных нормальных напряжений дает удовлетворительные результаты?
- а) для хрупких материалов (камень, кирпич, стекло);
  - б) для сыпучих материалов;
  - в) для пластичных материалов (металлов);
  - г) для всех материалов.
5. Для каких материалов используется критерий Треска (также известный как критерий наибольшего касательного напряжения)?
- а) для хрупких материалов;
  - б) для сыпучих материалов;
  - в) для пластичных материалов;
  - г) для всех материалов.
6. Каким образом математически связаны задачи расчета колебаний и потери устойчивости формы?
- а) их решение связано с определением собственных значений системы;
  - б) они относятся к статическому анализу;
  - в) они относятся к динамическому анализу
  - г) они никак не связаны.
7. Какой из сил в некоторых случаях пренебрегают при моделировании реакции конструкции на ударную нагрузку?
- а) силой инерции;
  - б) силой упругости;
  - в) силой трения;
  - г) силой гравитации.
8. При моделировании динамических процессов выбор шага решения по времени влияет на сходимость решения.
- а) верно;
  - б) неверно.
9. При моделировании собственных колебаний конструкции (определении ее резонансных частот обязательно необходимо задать амплитуду периодического вынуждающего воздействия.
- а) верно;
  - б) неверно.
10. Для чего используется расчет формы потери устойчивости?
- а) чтобы определить момент разрыва конструкции;
  - б) чтобы определить, при какой нагрузке первоначальная форма равновесия элемента конструкции становится неустойчивой и элемент принимает другую форму;
  - в) чтобы определить форму колебаний конструкции при резонансе.

### **9.1.2. Перечень вопросов для зачета**

1. Какие требования предъявляются к конструкционным материалам космической техники?
2. Какие виды конструкционных материалов находят применение в РЭА КА? Дайте их общую характеристику.
3. Приведите примеры критериев прочности материалов. Чем отличаются статических предел текучести и предел прочности материалов?
4. Какие критерии помимо прочностных принимаются во внимание при выборе конструкционных материалов?
5. Какие критерии прочности используются при циклических нагрузках?
6. Приведите примеры уравнений, описывающих механические процессы в конструкциях. Какие граничные и начальные условия при этом используются?
7. Поясните, как деформация, перемещение и механическое напряжение характеризуют состояние конструкции, подвергающейся внешнему воздействию.
8. Приведите примеры статических и динамических видов анализа конструкций, которые могут быть выполнены в программах численного моделирования SolidWorks и ANSYS.
9. Какие технические средства применяются для проведения механических испытаний бортовой РЭА КА?
10. Какие методики применяются при проведении механических испытаний бортовой РЭА КА?

### **9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий**

1. Назовите известные инженерные и научные программы из семейства САЕ-пакетов. Дайте их характеристику.
2. Какие методы численного решения находят применение в САЕ-пакетах? Какой из методов получил наибольшее распространение и почему?
3. Опишите кратко схему решения задачи методом конечных элементов.
4. Что такое функции формы в методе конечных элементов? Для чего они используются?
5. Что понимается под терминами «ограничения/нагрузки» в САЕ-пакете SolidWorks?
6. Какие виды сеток используются в САЕ-пакете SolidWorks? Какая процедура может применяться для автоматического создания сетки конечных элементов?
7. Каким образом параметры настройки сетки в пакетах численного анализа влияют на величину «DOF»?
8. Что понимается под обозначением «DOF» пакетах численного анализа? Как величина «DOF» влияет на время расчета и погрешность расчета?
9. Каким образом в пакете SolidWorks оценивается предел прочности детали при статическом нагружении?
10. Какого рода решатели и с какими опциями используются в пакете SolidWorks? Дайте их характеристику.

#### **9.1.4. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий**

1. Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции в линейной и нелинейной постановке.
2. Оценка прочности конструкции на основе моделирования напряженно-деформированного состояния конструкции в линейной постановке.
3. Определение собственных частот и форм свободных колебаний элементов конструкции.
4. Расчет формы потери устойчивости.
5. Расчет реакции конструкции на ударное воздействие.
6. Моделирование реакции в конструкциях бортовой РЭА КА при воздействии механических факторов.

#### **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;
- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;
- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

#### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся                         | Виды дополнительных оценочных материалов                                                              | Формы контроля и оценки результатов обучения                                                           |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| С нарушениями слуха                           | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы                        | Преимущественно письменная проверка                                                                    |
| С нарушениями зрения                          | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам                                                 | Преимущественно устная проверка (индивидуально)                                                        |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами                                                                |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

#### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры приборостроения и наноэлектроники  
протокол № 5 от «21» 1 2025 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                              | Инициалы, фамилия | Подпись |
|----------------------------------------|-------------------|---------|
| Заведующий кафедрой ПиН СФУ            | А.А. Левицкий     |         |
| Заведующий выпускающей каф. КУДР ТУСУР | С.А. Артищев      |         |
| Начальник учебного управления ТУСУР    | И.А. Лариошина    |         |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                        |              |  |
|------------------------|--------------|--|
| Доцент каф. КУДР ТУСУР | С.А. Артищев |  |
|------------------------|--------------|--|

### РАЗРАБОТАНО:

|                             |               |  |
|-----------------------------|---------------|--|
| Заведующий кафедрой ПиН СФУ | А.А. Левицкий |  |
|-----------------------------|---------------|--|