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 (включая промежуточную аттестацию)	108	108	216	часов
	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

Согласована на портале № 83787

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
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
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

Согласована на портале № 83787

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
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	108	54	54
Лекционные занятия	54	36	18
Практические занятия	54	18	36
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	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
Общая трудоемкость (в часах)	216	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	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.

Согласована на портале № 83787

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр					
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	
8 семестр					
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
7 семестр			

Согласована на портале № 83787

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
	Напряженное 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	

Согласована на портале № 83787

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	
8 семестр			
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	

Согласована на портале № 83787

9 Моделирование процессов, происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических нагрузок	Принципы создания CAD-моделей при разработке бортовой РЭА КА	2	ПК-4, ПК-10
	Принципы создания CAE-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
7 семестр			
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	

Согласована на портале № 83787

6 Исследование усталости элементов конструкций	Исследование усталости элементов конструкции.	6	ПК-4, ПК-10
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
8 семестр			
9 Моделирование процессов, происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических нагрузок	Принципы создания CAD-моделей при разработке бортовой РЭА КА	6	ПК-4, ПК-10
	Принципы создания CAE-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
7 семестр				
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		

Согласована на портале № 83787

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		

Согласована на портале № 83787

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		

Согласована на портале № 83787

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
7 семестр				
Зачёт	3	5	10	18
Защита отчета по индивидуальному заданию	3	7	9	19
Индивидуальное задание	5	8	10	23

Согласована на портале № 83787

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
8 семестр				
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	
	60 – 64	E (посредственно)
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..

Согласована на портале № 83787

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.

Согласована на портале № 83787

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

Согласована на портале № 83787

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

Согласована на портале № 83787

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

Согласована на портале № 83787

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 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (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

Согласована на портале № 83787

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)	≥ 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 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, 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 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** 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 **системном** 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 CAE-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 CAE-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;

Согласована на портале № 83787

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 случая 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

Согласована на портале № 83787

1. Назовите известные инженерные и научные программы из семейства CAE-пакетов. Дайте их характеристику.

2. Какие методы численного решения находят применение в CAE-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 CAE-пакете SolidWorks?

6. Какие виды сеток используются в CAE-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. Моделирования 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

Согласована на портале № 83787

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.

Согласована на портале № 83787

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	

Согласована на портале № 83787