МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СФУ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИФиРЭ
_____Минаков А.В.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

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**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	54	54	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет	7

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 № 83708

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины «Защита электронных устройств от механических воздействий» является формирование знаний, умений и навыков, позволяющих проводить анализ процессов в конструкциях электронных устройств в условиях механических воздействий, определять технические решения для обеспечения виброустойчивости и вибропрочности радиоэлектронной аппаратуры на этапе проектирования.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение способов защиты подвижных электронных средств от механических воздействий.
2. Формирование умений использовать полученные знания при решении задач, связанных с защитой электронных устройств от механических воздействий.
3. Овладение навыками моделирования механических процессов в электронных средствах.
4. Понимание принципов работы систем виброзащиты.

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.01.13.
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		

Согласована на портале № 83708

ПК-9. Способен проводить расчеты для разработки функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов с учетом требований к эксплуатации	ПК-9.1. Знает особенности эксплуатации бортовой аппаратуры космических аппаратов, которые определяют требования к разрабатываемым узлам	Знает виды и характеристики механических воздействий, определяющие требования к конструкциям электронных средств
	ПК-9.2. Умеет проводить расчеты тепловых, механических, электрических и других характеристик функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов	Умеет проводить расчеты механических характеристик конструкций электронных устройств
	ПК-9.3. Владеет навыками и приемами обеспечения параметров разрабатываемых электронных средств требуемым условиям эксплуатации	Владеет навыками и приемами обеспечения стойкости электронных средств к механическим внешним воздействующим факторам
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 механических воздействий
	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 надежной работы разрабатываемых электронных средств с учетом механических воздействий на них
	ПК-10.3. Владеет навыками и приемами обеспечения работоспособности устройств при различных условиях эксплуатации	Владеет навыками и приемами обеспечения работоспособности электронных устройств при механических воздействиях

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 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Согласована на портале № 83708

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	54	54
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	54	54
Подготовка к зачету	5	5
Подготовка к тестированию	10	10
Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	8	8
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	8
Написание отчета по лабораторной работе	8	8
Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	5	5
Выполнение индивидуального задания	6	6
Написание отчета по индивидуальному заданию	4	4
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	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. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Введение. Виды механических воздействий и их характеристики	1	-	-	3	4	ПК-10, ПК-9
2 Динамические процессы в конструкциях электронных средств, сводимых к системам с сосредоточенными параметрами	4	4	4	9	21	ПК-10, ПК-9
3 Динамические процессы в системах с распределенными параметрами	5	4	4	14	27	ПК-10, ПК-9
4 Виброзащита электронных средств	5	6	4	14	29	ПК-10, ПК-9
5 Численное моделирование элементов конструкций	3	4	6	14	27	ПК-10, ПК-9
Итого за семестр	18	18	18	54	108	
Итого	18	18	18	54	108	

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)

Согласована на портале № 83708

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Введение. Виды механических воздействий и их характеристики	Влияние линейных перегрузок, вибраций, ударов и других видов механических воздействий на электронные устройства. Задача разработки мер и способов защиты электронной аппаратуры от механических воздействий. Характеристики механических воздействий.	1	ПК-9, ПК-10
	Итого	1	
2 Динамические процессы в конструкциях электронных средств, сводимых к системам с сосредоточенными параметрами	Приведение конструкций электронной техники к моделям с сосредоточенными параметрами. Характеристики систем с сосредоточенными параметрами. Свободные колебания в системе с одной степенью свободы. Система без трения. Система с вязким трением. Система с сухим трением.	2	ПК-9, ПК-10
	Вынужденные колебания механической системы с сосредоточенными параметрами. Силовое возбуждение колебаний. Кинематическое возбуждение колебаний.	1	ПК-9, ПК-10
	Линейная система с двумя степенями свободы. Колебания в нелинейной системе с одной степенью свободы. Анализ ударных воздействий	1	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
3 Динамические процессы в системах с распределенными параметрами	Продольные колебания стержней	1	ПК-9, ПК-10
	Изгибные (поперечные) колебания стержней	2	ПК-9, ПК-10
	Динамические процессы в пластинах. Свободные колебания пластин. Вынужденные колебания пластин.	2	ПК-9, ПК-10
	Итого	5	
4 Виброзащита электронных средств	Приведение реальной механической системы к расчетным моделям	1	ПК-9, ПК-10
	Расчет системы виброизоляции блока	2	ПК-9, ПК-10
	Основы выбора и расчета виброизоляторов	1	ПК-9, ПК-10
	Методы виброзащиты печатных узлов	1	ПК-9, ПК-10
	Итого	5	

Согласована на портале № 83708

5 Численное моделирование элементов конструкций	Математическая модель	1	ПК-9, ПК-10
	Применение метода конечных разностей. Применение метода конечных элементов	2	ПК-9, ПК-10
	Итого	3	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

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			
2 Динамические процессы в конструкциях электронных средств, сводимых к системам с сосредоточенными параметрами	Решение задач, связанных с расчетом характеристик систем с сосредоточенными параметрами	2	ПК-9, ПК-10
	Решение задач, связанных с расчетом характеристик систем с сосредоточенными параметрами	2	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
3 Динамические процессы в системах с распределенными параметрами	Решение задач, связанных с расчетом характеристик систем с распределенными параметрами	2	ПК-9, ПК-10
	Решение задач, связанных с расчетом характеристик систем с распределенными параметрами	2	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
4 Виброзащита электронных средств	Решение задач, связанных с расчетом виброзащиты электронных средств	2	ПК-9, ПК-10
	Решение задач, связанных с расчетом виброзащиты электронных средств	2	ПК-9, ПК-10
	Решение задач, связанных с расчетом виброзащиты электронных средств	2	ПК-9, ПК-10
	Итого	6	

Согласована на портале № 83708

5 Численное моделирование элементов конструкций	Постановка задачи численного моделирования статических нагрузок. Построение геометрической модели. Определение граничных условий.	2	ПК-9, ПК-10
	Постановка задачи численного моделирования динамических нагрузок. Построение геометрической модели. Определение граничных условий.	2	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
2 Динамические процессы в конструкциях электронных средств, сводимых к системам с сосредоточенными параметрами	Исследование динамических процессов в элементах конструкции при кинематическом возбуждении колебаний	4	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
3 Динамические процессы в системах с распределенными параметрами	Исследование динамических процессов в элементах конструкции, описываемых моделями с распределенными параметрами	4	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
4 Виброзащита электронных средств	Исследование динамических процессов в системах виброзащиты	4	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
5 Численное моделирование элементов конструкций	Численное моделирование деформации элемента конструкции при статическом нагружении	3	ПК-9, ПК-10
	Численное моделирование отклика элемента конструкции на динамическое воздействие	3	ПК-9, ПК-10
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

Согласована на портале № 83708

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 Введение. Виды механических воздействий и их характеристики	Подготовка к зачету	1	ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Итого	3		
2 Динамические процессы в конструкциях электронных средств, сводимых к системам с сосредоточенными параметрами	Подготовка к зачету	1	ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-9, ПК-10	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-9, ПК-10	Отчет по лабораторной работе
	Итого	9		
3 Динамические процессы в системах с распределенными параметрами	Подготовка к зачету	1	ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-9, ПК-10	Индивидуальное задание
	Написание отчета по индивидуальному заданию	1	ПК-9, ПК-10	Отчет по индивидуальному заданию
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-9, ПК-10	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-9, ПК-10	Отчет по лабораторной работе
	Итого	14		

Согласована на портале № 83708

4 Виброзащита электронных средств	Подготовка к зачету	1	ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	1	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-9, ПК-10	Индивидуальное задание
	Написание отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-9, ПК-10	Отчет по индивидуальному заданию
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-9, ПК-10	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-9, ПК-10	Отчет по лабораторной работе
	Итого	14		
5 Численное моделирование элементов конструкций	Подготовка к зачету	1	ПК-9, ПК-10	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-9, ПК-10	Индивидуальное задание
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Написание отчета по индивидуальному заданию	1	ПК-9, ПК-10	Отчет по индивидуальному заданию
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-9, ПК-10	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-9, ПК-10	Отчет по лабораторной работе
	Итого	14		
Итого за семестр		54		
Итого		54		

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

Согласована на портале № 83708

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.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-9	+	+	+	+	Зачёт, Защита отчета по индивидуальному заданию, Защита отчета по лабораторной работе, Индивидуальное задание, Лабораторная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тестирование
ПК-10	+	+	+	+	Зачёт, Защита отчета по индивидуальному заданию, Защита отчета по лабораторной работе, Индивидуальное задание, Лабораторная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, 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	3	3	9
Защита отчета по лабораторной работе	0	6	9	15
Защита отчета по индивидуальному заданию	3	3	3	9
Индивидуальное задание	7	7	7	21
Отчет по индивидуальному заданию	2	2	2	6
Лабораторная работа	0	5	11	16
Тестирование	3	3	3	9
Отчет по лабораторной работе	0	6	9	15
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

Согласована на портале № 83708

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 / Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет). - Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 440 с. - 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 / Ильинкова Т. А.,Ильинков А. В. - Казань : КНИТУ-КАИ, 2021. - 76 с. – Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=LANY-621.002.3%20%28075.8%29/%D0%98%20462-848761150.

3. 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 .

7.2. Дополнительная литература

1. Прикладная механика: учебно-методическое пособие / Сиб. федер. ун-т, Ин-т горн. дела, геологии и геотехнологий; сост. Т. Г. Калиновская [и др.]. – Красноярск: СФУ, 2020 (2020-07-24). – 58 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/elib/link?service=elastic&id=BOOK1-621/%D0%9F%20759-236516695&link=ful ltext1.

2. 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.)

3. 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. – 89 с. (наличие в библиотеке СФУ - 1 экз.)

4. Нетусов, Ю.К. Введение в теорию механических воздействий и защиты радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие / Ю.К. Нетусов; Воронеж. политехн. ин-т. – Воронеж: [б. и.], 1985. - 93 с. (наличие в библиотеке СФУ - 1 экз.)

5. Белый, М.И. Виброустойчивость электроизмерительных приборов при нестационарных механических воздействиях / М.И. Белый, В.А. Мишин, О.М. Ким. – Саратов: Изд-во ун-та, 1986. – 108 с. (наличие в библиотеке СФУ - 1 экз.)

6. Малышев, И.В. Влияние внешних воздействий на квантово-механические процессы в материалах радиоэлектроники: Учебное пособие / Южный федеральный университет. – Ростов-на-

Согласована на портале № 83708

Дону: Издательство Южного федерального университета (ЮФУ), 2022. – 171 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/elib/link?service=elastic&id=LANY-11.03.01/%D0%9C%20207-573407511&link=fulltext1.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. 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.)

2. Левицкий, А.А. 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. – 65 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=BOOK1-621.396/%D0%9C744-076167.

3. Барашков В. А. Основы моделирования механических и тепловых процессов в электронной аппаратуре: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы. – Красноярск: СФУ, 2015. – 143 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-819161374.pdf

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 .

2. Библиотечная поисково-информационная система E-Library http://elibrary.ru
3. Научная библиотека СФУ https://bik.sfu-kras.ru/
4. ФГУП «НИИ электронных материалов» http://www.nii-em.ru/home
5. Сертификационные центры и испытательные лаборатории при АНО «МЦК» http://www.stroyinf.ru/
6. Сайт международной организации по стандартизации http://www.iso.ch
7. Поисково-информационная система Яндекс http://www.yandex.ru/

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,

Согласована на портале № 83708

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 2010 (2007, 2016);
- Windows 10.

8.3 Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

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

Описание имеющегося оборудования:

- Электродинамический вибростенд ЕТ-139;
- Измерительный комплекс управления вибростендом К-5201;
- Лабораторный электродинамический вибростенд с принадлежностями;
- Осциллограф ОСУ-20;
- Персональный компьютер со специализированным программным обеспечением;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows 8.1 и ниже;
- PTC Mathcad 13, 14;
- MATLAB;
- SolidWorks;
- Comsol Multiphysics;
- WinDjView.

8.4 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.

8.5 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.

Согласована на портале № 83708

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 Введение. Виды механических воздействий и их характеристики	ПК-10, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Динамические процессы в конструкциях электронных средств, сводимых к системам с сосредоточенными параметрами	ПК-10, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

Согласована на портале № 83708

3 Динамические процессы в системах с распределенными параметрами	ПК-10, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		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
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
4 Виброзащита электронных средств	ПК-10, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		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
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

Согласована на портале № 83708

5 Численное моделирование элементов конструкций	ПК-10, ПК-9	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		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
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

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
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

Согласована на портале № 83708

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. Какой вид имеет спектральная диаграмма периодического ударного воздействия?

а) Непрерывный;

б) Экспоненциальный;

в) Дискретный;

г) Гармонический.

2. Какое число степеней свободы имеет в общем случае электронный блок, установленный на виброизолятор?

а) Одну;

б) Четыре;

в) Шесть;

г) Бесконечное количество.

3. Какое соотношении резонансных частот и частот вибрации необходимо обеспечить в системе виброизоляции электронного блока, установленного на виброизоляторы?

а) Резонансные частоты должны быть как минимум вдвое меньше частот вибрации;

б) Резонансные частоты должны быть как минимум в sqrt(2) меньше частот вибрации;

в) Резонансные частоты должны и частоты вибрации должны мало отличаться

г) Резонансные частоты должны быть как минимум вдвое больше частот вибрации;

4. Какое значение коэффициента динамического усиления колебаний в системе с одной степенью свободы необходимо обеспечить для уменьшения амплинуды колебаний подвижной массы?

а) больше единицы;

б) равное единице;

в) меньше 0,707;

г) меньше единицы.

5. Сколько собственных (резонансных) частот имеет однородный стержень при изгибных колебаниях?

а) Одну;

б) Четыре;

в) Шесть;

Согласована на портале № 83708

г) Бесконечное количество.

6. Сколько собственных (резонансных) частот имеет однородный стержень при продольных колебаниях?

а) Одну;

б) Четыре;

в) Шесть;

г) Бесконечное количество.

7. Сколько собственных (резонансных) частот имеет однородный стержень при крутильных колебаниях?

а) Одну;

б) Четыре;

в) Шесть;

г) Бесконечное количество.

8. Какие виды вынужденных колебаний в конструкциях радиоэлектронной аппаратуры стержней на практике представляют наибольшую опасность?

а) Продольные

б) Поперечные

в) Крутильные

г) Все три вида колебаний равноценны;

9. Сколько собственных (резонансных) частот имеет пластина при изгибных колебаниях?

а) Одну

б) Четыре

в) Шесть

г) Бесконечное количество;

10. Каким образом меняется частота основного резонанса печатной платы после установки на нее массивного электронного компонента?

а) Частота снижается

б) Частота не изменяется

в) Частота повышается

г) Резонанс исчезает.

9.1.2 Перечень вопросов для зачета

1. Виды механических воздействий и их характеристики.
2. Влияние линейных перегрузок, вибраций, ударов и других видов механических воздействий на электронные устройства.
3. Свободные колебания в системе с одной степенью свободы. Система без трения.
4. Свободные колебания в системе с одной степенью свободы. Системы с вязким и сухим трением.
5. Кинематическое возбуждение колебаний в системе с одной степенью свободы.
6. Изгибные (поперечные) колебания стержней. Определение собственных частот и форм колебаний.
7. Динамические процессы в пластинах. Свободные колебания пластин. Вынужденные колебания пластин.
8. Основы расчета системы виброизоляции радиоэлектронного блока.
9. Основы численного моделирования элементов конструкций при механических воздействиях.

9.1.3 Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Что понимается под линейным ускорением?
2. Приведите примеры способов крепления и соответствующих им граничных условий.
3. Что понимается под степенью свободы механической системы?
4. Какие силы действуют при механических колебаниях систем? Приведите описывающие их соотношения.
5. Что понимается под гармонической и полигармонической вибрацией? Приведите их математические описания.
6. Какими параметрами описывается случайная вибрация?
7. Какими параметрами описывается ударный импульс? Приведите формы ударных импульсов.

Согласована на портале № 83708

8. Приведите примеры уравнений колебаний систем с сосредоточенными параметрами.
9. Приведите примеры уравнений колебаний систем с распределенными параметрами.

9.1.4 Темы лабораторных работ

1. Исследование динамических процессов в элементах конструкции при кинематическом возбуждении колебаний
2. Исследование динамических процессов в элементах конструкции, описываемых моделями с распределенными параметрами
3. Исследование динамических процессов в системах виброзащиты
4. Численное моделирование деформации элемента конструкции при статическом нагружении
5. Численное моделирование отклика элемента конструкции на динамическое воздействие

9.1.5 Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий

1. Какая связь существует между сплошным спектром непериодического механического воздействия и линейчатым спектром соответствующего периодического воздействия?
2. В чем состоит принципиальное отличие вибрационного и ударного воздействия?
3. Чем принципиально отличаются спектры одиночного ударного импульса и периодической последовательности таких же импульсов?
4. Чем принципиально отличаются спектры гармонической и полигармонической вибраций?
5. Чем принципиально отличаются спектры детерминированной и случайной вибраций?
6. Какие виды обобщенных коэффициентов жесткости используются в модели виброизоляции электронного блока, описываемой системой с шестью степенями свободы?
7. Для чего применяется демпфирование виброизоляторов?
8. Какие конструктивные параметры влияют на собственные частоты печатного узла?

9.1.6 Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Построение спектра периодического вибрационного (ударного) воздействия – по вариантам.
2. Решение расчетных задач по разделу «Динамические процессы в конструкциях электронных средств, сводимых к системам с сосредоточенными параметрами».
3. Статический расчет системы амортизации – по вариантам.
4. Динамический расчет системы амортизации – по вариантам.
5. Решение расчетных задач по разделу «Динамические процессы в системах с распределенными параметрами».

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;

Согласована на портале № 83708

– 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.

Согласована на портале № 83708

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 № 83708

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий обеспечивающей каф. 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	
Доцент, каф. КУДР ТУСУР	Е.И. Тренкаль	

РАЗРАБОТАНО:

Заведующий каф. ПиН СФУ	А.А. Левицкий	

Согласована на портале № 83708