

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Левихин А.А.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ АМОРТИЗАЦИИ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование, производство и эксплуатация стартовых систем
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	4	144	68	34	17	17	76	0	0	76	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И _____
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Синильщиков Валерий Борисович, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Андреев О.В., к.т.н. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Андреев О.В., к.т.н. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ АМОРТИЗАЦИИ СИСТЕМ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-7.4 — Способен применять методики расчета элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ на прочность, устойчивость, жесткость, а также проводить динамические расчеты элементов, узлов и агрегатов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-7.4

знания:

- на уровне представлений – знать основные понятия и методологию теории амортизации;
- на уровне понимания – знать принципы амортизации;
- на уровне воспроизведения – знать основные принципы расположения амортизаторов;

умения:

- практические: выбирать жесткость и расположение амортизаторов по заданным упруго-инерционным характеристикам системы и параметрам воздействия;
- теоретические: рассчитывать динамические процессы при использовании различных схем амортизации;

навыки:

- проведения расчетов и выбора параметров амортизаторов;
- работы с научной и справочной литературы при проектировании систем амортизации, проведении расчетов и экспериментальных исследований и анализе результатов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ АМОРТИЗАЦИИ СИСТЕМ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению 24.03.01 *Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, СИСТЕМЫ УДАРОВИБРОЗАЩИТЫ, ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТНЫХ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших
- ПК-7.2 — Способен проводить технологическую подготовку производства деталей, используемых в конструкциях и механизмах в машиностроении, включая стартовые системы, комплексы и изделия РКТ

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-7.4
3	5	Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения. 1.1. Проблема ударовиброзащиты объектов и способы ее решения 1.2. Кинематическое и динамическое воздействия на объекты. Параметры, их характеризующие. Примеры 1.3 Ударные воздействия. Импульсное воздействие, ступенчатое воздействие, П-образное воздействие. Примеры. 1.4. Вибрационные воздействия. Гармонические воздействия, негармонические периодические воздействия, полигармонические воздействия, нерегулярные воздействия. Примеры 1.5. Случайное и детерминированное воздействия. Примеры 1.6. Задачи амортизации. Общие требования и рекомендации к системам амортизации. 1.7. Допускаемые перегрузки для объектов разного типа.	4	4	4	0	0	0	10
3	5	Раздел 2. Пассивные, полуактивные (регулируемые) и активные системы амортизации. 2.1. Понятие о пассивных, полуактивных и активных системах амортизации 2.2. Схемы полуактивных систем амортизации. Примеры 2.3. Схемы активных систем амортизации. 2.4. Достоинства и недостатки пассивных, полуактивных и активных систем амортизации.	8	2	2	0	0	6	5
3	5	Раздел 3. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов различных типов. 3.1 Упругость и демпфирование в системах амортизации 3.2.Силовые (упругие и демпфирующие) характеристики амортизаторов: линейные, прогрессивные и дигрессивные. 3.3. Требования к характеристикам систем амортизации при ударных и вибрационных воздействиях на разные объекты. Достоинства, недостатки и область применения амортизаторов с разными характеристиками 3.4.Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионов. Нуль-установители. 3.5.Резиновые и резинометаллические амортизаторы. 3.6.Эластормерные арочные амортизаторы. 3.7.Постельные системы амортизации. 3.8.Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы. 3.9.Гидравлические демпферы и гидропневматические амортизаторы. 3.10.Амортизаторы сухого трения и упругопластические амортизаторы. 3.11. Амортизаторы квазиулевого жесткости.	34	23	6	0	17	11	25
3	5	Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии. 4.1. Представление гармонических колебаний с использованием комплексных чисел. 4.2. Линейные колебания системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии Соотношения и графики для основных параметров. 4.3. Требования к параметрам линейной системы виброзащиты с одной степенью свободы при кинематическом воздействии. 4.4. Порядок выбора суммарной жесткости амортизаторов для разных сочетаний критериев и ограничений.	11	5	2	3	0	6	10
3	5	Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии. 5.1. Требования к параметрам линейной системы виброзащиты с одной степенью свободы при динамическом воздействии. 5.2. Соотношения и графики для основных параметров. 5.3. Порядок выбора суммарной жесткости амортизаторов для разных сочетаний критериев и ограничений.	15	5	2	3	0	10	10
3	5	Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы. 6.1. Математическая модель динамики длинномерных объектов с двумя степенями свободы при гармоническом кинематическом воздействии. 6.2. Решение задачи. Соотношения и графики для основных параметров. Анализ влияния связанности колебаний и соотношения частот собственных колебаний на амплитуды кинематических параметров. 6.3. Виброзащита длинномерного объекта при кинематическом гармоническом воздействии. Требования к жесткости и расположению поясов амортизации. 6.4. Решение задач выбора жесткости и расположения поясов амортизации длинномерных объектов при разных сочетаниях ограничений.	23	10	6	4	0	13	15
3	5	Раздел 7. Динамические гасители колебаний. 7.1. Принцип действия динамических гасителей колебаний. Достоинства и недостатки. Проблема автоподстройки под частоту воздействия 7.2. Маятниковые гасители крутильных колебаний валов. Принцип действия и схемы 7.3. Маятниковые гасители крутильных колебаний валов. Выбор параметров.	15	5	2	3	0	10	5
3	5	Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы. 8.1. Требования к жесткости и расположению амортизаторов. 8.2. Схемы установки амортизаторов.	8	2	2	0	0	6	10
3	5	Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии. 9.1. Основные характеристики случайных процессов и связь между ними. 9.2. Полигармоническое представление случайного процесса. 9.3. Связь спектральных плотностей характеристики колебаний системы со спектральной плотностью параметров воздействия для линейных систем. 9.4. Спектральный метод расчета динамики линейных систем при случайном воздействии 9.5. Выбор жесткости линейной системы с одной степенью свободы при случайном кинематическом воздействии. 9.6. Расчет плавности хода автомобиля с использованием спектрального метода.	26	12	8	4	0	14	10
Всего за 5 семестр			144	68	34	17	17	76	100
Всего по дисциплине			144	68	34	17	17	76	100

3.2. Аудиторный практикум

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов различных типов.	Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионов. Нуль-установители. Их упругие характеристики	7
2		Пневмоамортизаторы и гидродемпферы. Их упругие и демпфирующие характеристики	10
Всего за 5 семестр			17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.	Выбор суммарной жесткости амортизаторов при гармоническом кинематическом воздействии	3
2	Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.	Выбор суммарной жесткости амортизаторов при гармоническом динамическом воздействии	3
3	Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.	Выбор жесткости и расположения поясов амортизации в системе виброзащиты длинномерного объекта	4
4	Раздел 7. Динамические гасители колебаний.	Выбор параметров динамического гасителя колебаний	3
5	Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.	Исследование динамики системы с одной степенью свободы при различных спектрах кинематического воздействия	4
Всего за 5 семестр			17

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 2. Пассивные, полуактивные (регулируемые) и активные системы амортизации.	Изучение схем активных систем амортизации по учебной литературе	6
2	Раздел 3. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов различных типов.	Изучение характеристик постельной системы амортизации, эластомерных амортизаторов и амортизаторов квазиулевого жесткости и пневмодемпфирующих амортизаторов по учебной литературе.	11
3	Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.	Повторение темы "представление гармонических колебаний при помощи комплексных чисел" из курса "Высшая математика"	4
4		Подготовка к лабораторной работе	2
5	Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.	Повторение раздела "вынужденные колебания системы с одной степенью свободы" из курса Теоретическая механика	6
6		Подготовка к лабораторной работе	4
7	Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.	Самостоятельное изучение вывода формул для безразмерных амплитуд колебаний системы с двумя степенями свободы с учетом демпфирования	8
8		Подготовка к лабораторной работе	5
9	Раздел 7. Динамические гасители колебаний.	Подготовка к лабораторной работе	4
10		Самостоятельное изучение математической модели маятникового гасителя крутильных колебаний вала	6
11	Раздел 8. Виброзащита	Самостоятельное изучение схем установки объектов	6

	пространственных объектов с шестью степенями свободы.	на амортизаторы по учебной литературе	
12	Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.	Самостоятельное изучение дидактических единиц 9.1, 9.3, 9.6 по учебной литературе	11
13		Подготовка к лабораторной работе	3
Всего за 5 семестр			76

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5					ЛР	ДР		ЛР		ДР	ЛР				ЛР	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Г. Храмов. . Теория случайных процессов. СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
2. В. А. Стенин. . Судовое главное энергетическое оборудование. Расчёт судового дизеля. Архангельск: Изд-во САФУ, 2014, эл. рес.
3. В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Защитные устройства пусковых установок. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
4. В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Защитные устройства пусковых установок. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 34 экз.
5. В. И. Коньчев, Т. И. Максимова, В. Б. Митенков. Динамика оборудования подвижных объектов. Ч. 2 Случайные вибрационные процессы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1998, 28 экз.
6. В. И. Коньчев, Т. И. Максимова, Я. Г. Марков. Динамика оборудования подвижных объектов. Ч. 1 Детерминированные вибрационные процессы. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997, 53 экз.
7. В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
8. В. Ю. Кирпичников. . Вибровозбудимость конструкций и пути её уменьшения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
9. П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, эл. рес.
10. П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, 30 экз.
11. Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986, эл. рес.
12. Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 75 экз.
13. Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. . Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, эл. рес.
14. Ю. А. Круглов, Ю. А. Туманов. . Ударовиброзащита машин, оборудования и аппаратуры. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986, 15 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. П. М. Алабужев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким. . Виброзащитные системы с квазиулеевой жёсткостью. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986, 2 экз.
2. Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;

2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Microsoft Windows;
3. Microsoft Office.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Microsoft Windows;
3. Microsoft Office.

6.4. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕОРИЯ АМОРТИЗАЦИИ СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-7.4 Способен применять методики расчета элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ на прочность, устойчивость, жесткость, а также проводить динамические расчеты элементов, узлов и агрегатов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с системами амортизации:

- 1) нагрузки, действующие на защищаемые объекты;
- 2) требования к системам амортизации;
- 3) изучение принципов выбора жесткости и расположения амортизаторов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 2. Пассивные, полуактивные (регулируемые) и активные системы амортизации.		
Изучение схем активных систем амортизации по учебной литературе	<p>Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4)</p> <p>Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. . Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (2)</p> <p>Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. . Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (2)</p>	6
Итого по разделу 2		6
Раздел 3. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов различных типов.		
Изучение характеристик постельной системы амортизации, эластомерных амортизаторов и амортизаторов квазиулевого жесткости и пневмодемпфирующих амортизаторов по учебной литературе.	<p>П. М. Алабужев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким. . Виброзащитные системы с квазиулевого жесткостью: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986 (2,3)</p> <p>В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Защитные устройства пусковых установок: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (2,3)</p> <p>Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4)</p> <p>Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. . Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (2)</p> <p>В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Защитные устройства пусковых установок: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (2,3)</p>	11
Итого по разделу 3		11
Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.		

Повторение темы "представление гармонических колебаний при помощи комплексных чисел" из курса "Высшая математика"	В. А. Ивович, В. Я. Онищенко. . Защита от вибрации в машиностроении: М.: Машиностроение, 1990 (2) П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3) П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3)	4
Подготовка к лабораторной работе	В. И. Коньчев, Т. И. Максимова, Я. Г. Марков. Динамика оборудования подвижных объектов. Ч. 1 Детерминированные вибрационные процессы: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997 (3)	2
Итого по разделу 4		6
Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.		
Повторение раздела "вынужденные колебания системы с одной степенью свободы" из курса Теоретическая механика	П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3) П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3)	6
Подготовка к лабораторной работе	В. А. Стенин. . Судовое главное энергетическое оборудование. Расчёт судового дизеля: Архангельск: Изд-во САФУ, 2014 (3)	4
Итого по разделу 5		10
Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.		
Самостоятельное изучение вывода формул для безразмерных амплитуд колебаний системы с двумя степенями свободы с учетом демпфирования	П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (4) П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (4)	8
Подготовка к лабораторной работе		5
Итого по разделу 6		13
Раздел 7. Динамические гасители колебаний.		
Подготовка к лабораторной работе	Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (5) Ю. А. Круглов, Ю. А. Туманов. . Ударовиброзащита машин, оборудования и аппаратуры: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986 (4)	4
Самостоятельное изучение математической модели маятникового гасителя крутильных колебаний вала	П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (5) П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (5)	6
Итого по разделу 7		10

Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы.		
Самостоятельное изучение схем установки объектов на амортизаторы по учебной литературе	<p>Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4)</p> <p>П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (2)</p> <p>В. Ю. Кирпичников. . Вибровозбудимость конструкций и пути её уменьшения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (7)</p>	6
Итого по разделу 8		6
Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.		
Самостоятельное изучение дидактических единиц 9.1, 9.3, 9.6 по учебной литературе	<p>А. Г. Храмов. . Теория случайных процессов: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (2-3)</p> <p>В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1)</p>	11
Подготовка к лабораторной работе	<p>В. И. Коньчев, Т. И. Максимова, В. Б. Митенков. Динамика оборудования подвижных объектов. Ч. 2 Случайные вибрационные процессы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1998 (2-3)</p>	3
Итого по разделу 9		14

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- лабораторная работа;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы к экзамену

1. Виды воздействия на динамические системы. Их числовые характеристики. Примеры.
2. Основные задачи ударовиброзащиты при разных видах воздействия. Требования к ударовиброзащитным системам.
3. Упругость и демпфирование в системах амортизации. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов. Типы характеристик. Требования к упругим характеристикам амортизаторов при кинематических воздействиях на различные объекты
4. Упругие характеристики амортизаторов различного типа.
5. Демпфирующие характеристики амортизаторов различного типа.
6. Динамика линейной системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии. Ограничения. Алгоритм выбора суммарной жесткости амортизаторов по критерию минимального статического прогиба.
7. Динамика линейной системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии. Критерий. Ограничения. Алгоритм выбора суммарной жесткости амортизаторов.
8. Требования к системам амортизации длинномерных объектов.
9. Пространственные системы ударовиброзащиты объектов с шестью степенями свободы. Требования к жесткости и расположению амортизаторов. Примеры.
10. Активные, полуактивные и пассивные системы амортизации
11. Динамические гасители колебаний. Общие принципы и характеристика
12. Маятниковые гасители крутильных колебаний валов
13. Спектральный подход к исследованию динамики линейных систем виброзащиты при случайных воздействиях
14. Спектральная теория колебаний автомобилей

Лабораторная работа

Лабораторные работы представляются на компьютере в пакете Matlab в виде расчетных формул и ответов.

Студент допускается к защите, если искомые величины определены правильно с погрешностью не более 1%.

Защита проходит в форме ответов на вопросы преподавателя (3 вопроса).

Лабораторная работа считается защищенной при правильных ответах не менее, чем на 2 вопроса.

Экзамен

Студент допускается к экзамену при условии защищенных лабораторных работ.

Экзамен по дисциплине проходит по билетам. В состав билета входит теоретический вопрос из числа приведенных в пункте "Вопросы к экзамену" и задача. Примеры задач и порядок их решения выложены в ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ»

Оценка выставляется после собеседования со студентом по билету в соответствии со следующими критериями:

- оценка ОТЛИЧНО – полное раскрытие теоретического вопроса, высокий уровень владения

материалом, правильно решенная задача;

- оценка ХОРОШО – полное раскрытие теоретического вопроса, средний уровень владения

материалом, правильно решенная задача;

- оценка УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – полное раскрытие теоретического вопроса, средний уровень владения материалом при нерешенной или неправильно решенной задаче, либо неполное раскрытие теоретического вопроса, посредственное владение материалом, при правильно решенной задаче;

- оценка НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – большинство аспектов теоретического вопроса не раскрыты, слабое владение материалом, отсутствие знаний или отрывочные знания в предметной области – независимо от наличия правильно решенной задачи, либо неполное раскрытие теоретического вопроса, посредственное владение материалом, при нерешенной или неправильно решенной задаче.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия			
3	5	Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения.	4	4	4	0	0	0	10	Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 2. Пассивные, полуактивные (регулируемые) и активные системы амортизации.	8	2	2	0	0	6	5	Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 3. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов различных типов.	34	23	6	0	17	11	25	Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.	11	5	2	3	0	6	10	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа
3	5	Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.	15	5	2	3	0	10	10	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа
3	5	Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.	23	10	6	4	0	13	15	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа
3	5	Раздел 7. Динамические гасители колебаний.	15	5	2	3	0	10	5	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа
3	5	Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы.	8	2	2	0	0	6	10	Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.	26	12	8	4	0	14	10	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа
Всего за 5 семестр			144	68	34	17	17	76	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	17	17	76	100	

Оценочные материалы по дисциплине ТЕОРИЯ АМОРТИЗАЦИИ СИСТЕМ

ПК-7.4 - Способен применять методики расчета элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ на прочность, устойчивость, жесткость, а также проводить динамические расчеты элементов, узлов и агрегатов

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие типы амортизаторов и вид деформаций, являющийся основным для их работы.

Амортизатор	Вид деформаций
1. Пружинный на основе цилиндрических винтовых пружин	А. Растяжение
2. Рессора	Б. Сжатие
3. Торсион	В. Кручение
4. Эластомерный арочный амортизатор	Г. Изгиб
	Д. Потеря устойчивости

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие типы амортизаторов и их упругие характеристики

Амортизатор	Вид упругой характеристики
1. Пружинный на основе одной тарельчатой пружины с предварительным поджатием	А. Линейная
2. Торсион	Б. Прогрессивная
3. Однокамерный пневмоамортизатор	В. Дигрессивная
4. Эластомерный арочный амортизатор	Г. Релейная
	Д. Квазинулевой жесткости

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Запишите последовательность процессов при сжатии эластомерного арочного амортизатора (с постепенно возрастающей нагрузкой).

1. Линейное сжатие стенок
2. Смыкание поверхностей
3. Потеря устойчивости стенок

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите амортизаторы в порядке возрастания демпфирования

1. Упругопластический металлический амортизатор
2. Арочный эластомерный амортизатор
3. Пневмодемпфирующий амортизатор
4. Гидравлический амортизатор

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В чем состоит основная задача амортизации при кинематическом воздействии?

1. В снижении перемещений объекта относительно оснований при кинематическом воздействии до допустимых значений;
2. В снижении статического прогиба объекта относительно основания до допустимых значений;
3. В снижении относительных скоростей объекта относительно основания при кинематическом воздействии до допустимых значений;
4. В снижении ускорений объекта при кинематическом воздействии до допустимых значений.

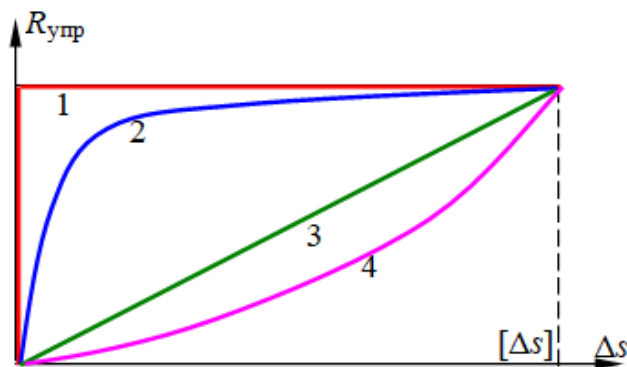
№ 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Как должны соотноситься частота внешнего воздействия и частота собственных колебаний в линейных системах виброзащиты с одной степенью свободы при динамическом воздействии?

1. Частота внешнего воздействия должна быть выше частоты собственных колебаний;
2. Частота внешнего воздействия должна быть ниже частоты собственных колебаний;
3. Частота внешнего воздействия должна быть выше частоты собственных колебаний более, чем в $\sqrt{2}$ раз
4. Частота внешнего воздействия должна быть ниже частоты собственных колебаний более, чем в $\sqrt{2}$ раз

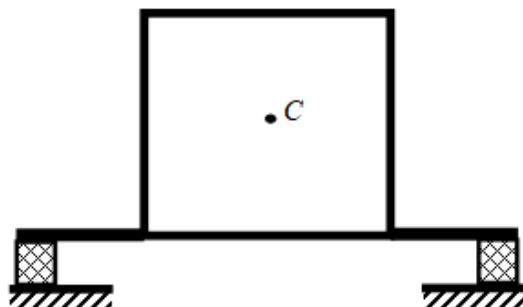
№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Объект, относящийся к ракетной технике испытывает ударное кинематическое воздействие, причем ход основания превышает предельно допустимое относительное смещение. Какую из упругих характеристик 1-4 должна иметь система амортизации, чтобы защитить объект от воздействия максимального уровня? Влиянием демпфирующей силы пренебречь



№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Перечислите недостатки данной схемы виброзащиты с использованием резиновых амортизаторов



1. Связанность вертикальных и угловых колебаний
2. Связанность поперечных и угловых колебаний
3. Высокое значение частичной частоты угловых колебаний
4. Низкая жесткость на угловые смещения в плоскости рисунка

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие демпфирующие характеристики может иметь гидродемпфер?

1. Линейную
2. Дигрессивную
3. Прогрессивную
4. Сухого трения

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

От каких параметров зависит связанность линейных и угловых колебаний длинномерных объектов?

1. Масса объекта
2. Момент инерции объекта
3. Координаты поясов амортизации
4. Жесткости поясов амортизации

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Почему гидродемпферы с дроссельным регулированием (при постоянном сечении дросселя) практически не применяются в современных системах амортизации (за исключением магнитно-жидкостных амортизаторов)

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

При запуске двигателя внутреннего сгорания, в какой-то промежуток времени при работе стартера он начинает интенсивно качаться на амортизаторах, однако затем эти колебания пропадают. С чем связаны эти колебания?