

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Юнаков Л. П.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИСТЕМЫ АМОРТИЗАЦИИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Пусковые устройства, транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов
Уровень высшего образования	Специалитет
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	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

год набора группы: 2024

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 Долбенков В.Г., к.т.н., снс \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс \_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИСТЕМЫ АМОРТИЗАЦИИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ**

### **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:

ПСК-10 — способность разрабатывать средства защиты ракеты, стартового оборудования и обслуживающего персонала от высокоинтенсивного внешнего воздействия, природных факторов и техногенных катастроф

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-10**

*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 **СИСТЕМЫ АМОРТИЗАЦИИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ, УДАРОВИВРОЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА**.

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 для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

### 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		
3	5	<b>Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения.</b> 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.	8	4	4	0	0	4	5
3	5	<b>Раздел 2. Пассивные, полуактивные (регулируемые) и активные системы амортизации.</b> 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.	9	2	2	0	0	7	5
3	5	<b>Раздел 3. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов различных типов.</b> 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 квазиузуловой жесткости.	18	6	6	0	0	12	10
3	5	<b>Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.</b> 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.	16	8	2	3	3	8	10
3	5	<b>Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.</b> 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.	16	8	2	3	3	8	10
3	5	<b>Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.</b> 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.	25	14	6	4	4	11	15
3	5	<b>Раздел 7. Динамические гасители колебаний.</b> 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.	16	8	2	3	3	8	10
3	5	<b>Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы.</b> 8.1. Требования к жесткости и расположению амортизаторов. 8.2. Схемы установки амортизаторов.	8	2	2	0	0	6	10
3	5	<b>Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.</b> 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.	28	16	8	4	4	12	25
<b>Всего за 5 семестр</b>			144	68	34	17	17	76	100
<b>Всего по дисциплине</b>			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 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.	Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.	3
2	Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.	Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.	3
3	Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.	Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.	4
4	Раздел 7. Динамические гасители колебаний.	Динамические гасители колебаний.	3
5	Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.	Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.	4
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>17</b>

### 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
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения.	Изучение дидактических единиц 1.3-1.5 по учебной литературе	4
2	Раздел 2. Пассивные, полуактивные (регулируемые) и активные системы амортизации.	Изучение схем активных систем амортизации по учебной литературе	7
3	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.	12
4	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
5		Подготовка к лабораторной работе	4
6	Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью	Повторение раздела "вынужденные колебания системы с одной степенью свободы" из курса Теоретическая механика	4

7	свободы при гармоническом динамическом воздействии.	Подготовка к лабораторной работе	4
8	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	6
9		Подготовка к лабораторной работе	5
10	Раздел 7. Динамические гасители колебаний.	Подготовка к лабораторной работе	4
11		Самостоятельное изучение математической модели маятникового гасителя крутильных колебаний вала	4
12	Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы.	Самостоятельное изучение схем установки объектов на амортизаторы по учебной литературе	6
13	Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.	Самостоятельное изучение дидактических единиц 9.1, 9.3, 9.6 по учебной литературе	8
14		Подготовка к лабораторной работе	4
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.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Г. Храмов. . Теория случайных процессов. Самара БГТУ "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, 34 экз.
4. В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Защитные устройства пусковых установок. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
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, 30 экз.
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. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, 30 экз.
11. 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.
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, 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. Алабушев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким. . Виброзащитные системы с квазиулевыми 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](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:**

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

### **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 **СИСТЕМЫ АМОРТИЗАЦИИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. 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*:

ПСК-10 способность разрабатывать средства защиты ракеты, стартового оборудования и обслуживающего персонала от высокоинтенсивного внешнего воздействия, природных факторов и техногенных катастроф.

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 дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

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.
<b>Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения.</b>		
Изучение дидактических единиц 1.3-1.5 по учебной литературе	Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. . Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1) Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (1-3) Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. . Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1)	4
Итого по разделу 1		4
<b>Раздел 2. Пассивные, полуактивные (регулируемые) и активные системы амортизации.</b>		
Изучение схем активных систем амортизации по учебной литературе	Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4) Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (2) Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. . Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (2)	7
Итого по разделу 2		7
<b>Раздел 3. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов различных типов.</b>		
Изучение характеристик постельной системы амортизации, эластомерных амортизаторов и амортизаторов квазиулевого жесткости и пневмодемпфирующих амортизаторов по учебной литературе.	Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (2) Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ"	12

	<p>им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4)</p> <p>П. М. Алабужев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким. . Виброзащитные системы с квази нулевой жёсткостью: 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>В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Защитные устройства пусковых установок: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (2,3)</p>	
Итого по разделу 3		12
<b>Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.</b>		
Повторение темы "представление гармонических колебаний при помощи комплексных чисел" из курса "Высшая математика"	<p>В. А. Ивович, В. Я. Онищенко. . Защита от вибрации в машиностроении: М.: Машиностроение, 1990 (2)</p> <p>П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3)</p> <p>П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3)</p> <p>В. И. Конычев, Т. И. Максимова, Я. Г. Марков. Динамика оборудования подвижных объектов. Ч. 1</p>	4
Подготовка к лабораторной работе	<p>Детерминированные вибрационные процессы: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997 (3)</p>	4
Итого по разделу 4		8
<b>Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.</b>		
Повторение раздела "вынужденные колебания системы с одной степенью свободы" из курса Теоретическая механика	<p>П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3)</p> <p>П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3)</p> <p>В. А. Стенин. . Судовое главное энергетическое оборудование. Расчёт судового дизеля: Архангельск: Изд-во САФУ, 2014 (3)</p>	4
Подготовка к лабораторной работе		4
Итого по разделу 5		8
<b>Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.</b>		
Самостоятельное изучение вывода формул для безразмерных амплитуд колебаний системы с двумя степенями свободы с учетом демпфирования	<p>П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (4)</p> <p>П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (4)</p>	6
Подготовка к лабораторной работе		5
Итого по разделу 6		11
<b>Раздел 7. Динамические гасители колебаний.</b>		
Подготовка к лабораторной работе	П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы	4

Самостоятельное изучение математической модели маятникового гасителя крутильных колебаний вала	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) Ю. А. Круглов, Ю. А. Туманов. . Ударовиброзащита машин, оборудования и аппаратуры: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986 (4) Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (5)	4
Итого по разделу 7		8
<b>Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы.</b>		
Самостоятельное изучение схем установки объектов на амортизаторы по учебной литературе	П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (2) В. Ю. Кирпичников. . Вибровозбудимость конструкций и пути её уменьшения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (7) Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4)	6
Итого по разделу 8		6
<b>Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.</b>		
Самостоятельное изучение дидактических единиц 9.1, 9.3, 9.6 по учебной литературе	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) А. Г. Храмов. . Теория случайных процессов: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (2-3)	8
Подготовка к лабораторной работе	В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1)	4
Итого по разделу 9		12

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- лабораторная работа;
- дифференцированный зачет.

### 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 дифференцированному зачету

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.

#### Дифференцированный зачет

Студент допускается к дифференцированному зачету при условии защищенных лабораторных работ.

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит по билетам. В состав билета входит теоретический вопрос из числа приведенных в пункте "Вопросы к дифференцированному зачету" и задача.

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

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

материалом, правильно решенная задача;

- оценка ЗАЧТЕНО-ХОРОШО – полное раскрытие теоретического вопроса, средний уровень владения материалом, правильно решенная задача;

- оценка ЗАЧТЕНО-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 НЕ ЗАЧТЕНО – 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.

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.	8	4	4	0	0	4	5	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 2. Пассивные, полуактивные (регулируемые) и активные системы амортизации.	9	2	2	0	0	7	5	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 3. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов различных типов.	18	6	6	0	0	12	10	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.	16	8	2	3	3	8	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа
3	5	Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.	16	8	2	3	3	8	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа
3	5	Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.	25	14	6	4	4	11	15	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа
3	5	Раздел 7. Динамические гасители колебаний.	16	8	2	3	3	8	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа

3	5	<b>Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы.</b>	8	2	2	0	0	6	10	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	<b>Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.</b>	28	16	8	4	4	12	25	Вопросы к дифференцированному зачету
<b>Всего за 5 семестр</b>			144	68	34	17	17	76	100	
<b>Всего по дисциплине</b>			144	68	34	17	17	76	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-10

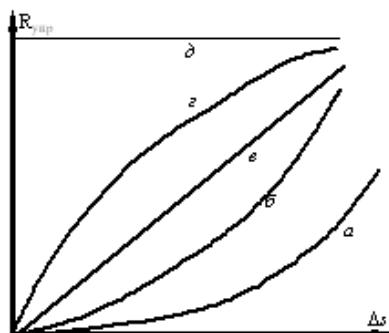
#### Вопросы открытого типа:

- № 1 Упругой характеристикой амортизатора называют зависимость...
- № 2 Кинематическим называют воздействие, при котором закон изменения ...
- № 3 Динамическим называют воздействие, при котором закон изменения ...
- № 4 Основной задачей системы ударовиброзащиты при кинематическом воздействии является...
- № 5 Схема с расположением амортизаторов симметрично относительно ... позволяет полностью развязать колебания объектов по 6 степеням свободы
- № 6 В гидродемпфере с дроссельным регулированием при больших числах Рейнольдса реализуется ... демпфирующая характеристика
- № 7 Целью установки объекта на амортизаторы при динамическом воздействии на объект является...
- № 8 С увеличением демпфирования амплитуда установившихся виброускорений амортизируемого объекта в линейной системе виброзащиты при гармоническом динамическом воздействии...
- № 9 Нуль-установитель имеет ... характеристику
- № 10 При гармоническом динамическом воздействии на систему с одной степенью свободы система амортизации не требуется, если...

#### Вопросы закрытого типа:

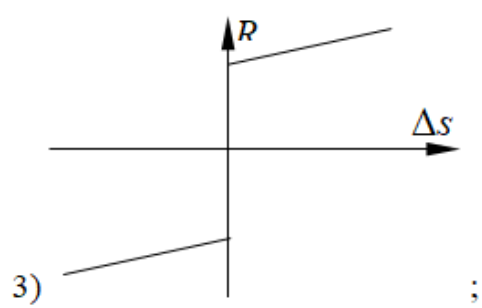
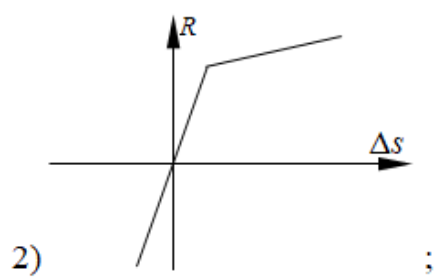
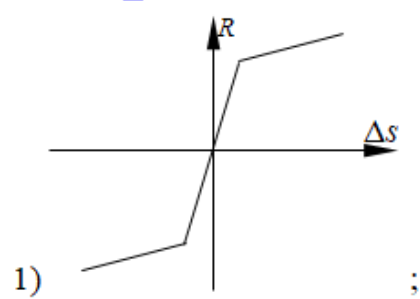
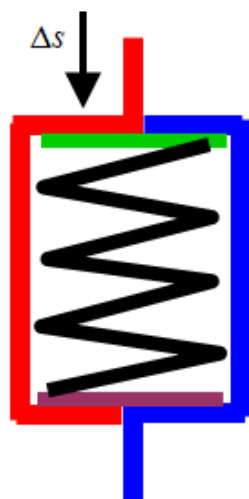
- № 1 Выберите верные утверждения:
  - 1) Демпфирующий элемент системы амортизации гасит колебания амортизируемого объекта;
  - 2) Демпфирующий элемент системы амортизации создает усилие, направленное навстречу относительному перемещению амортизированного объекта;
  - 3) Демпфирующий элемент системы амортизации создает усилие, направленное навстречу относительной скорости амортизированного объекта;
  - 4) Демпфирующий элемент системы амортизации стремится вернуть амортизированный объект в положение равновесия.
- № 2 В каком случае внешнее воздействие можно считать импульсным?
  - 1) Если продолжительность внешнего воздействия – бесконечно мала;
  - 2) Если продолжительность внешнего воздействия – менее 1 мс;
  - 3) Если продолжительность внешнего воздействия существенно меньше полупериода собственных колебаний системы;
  - 4) Если продолжительность внешнего воздействия существенно меньше характерного времени затухания колебаний.

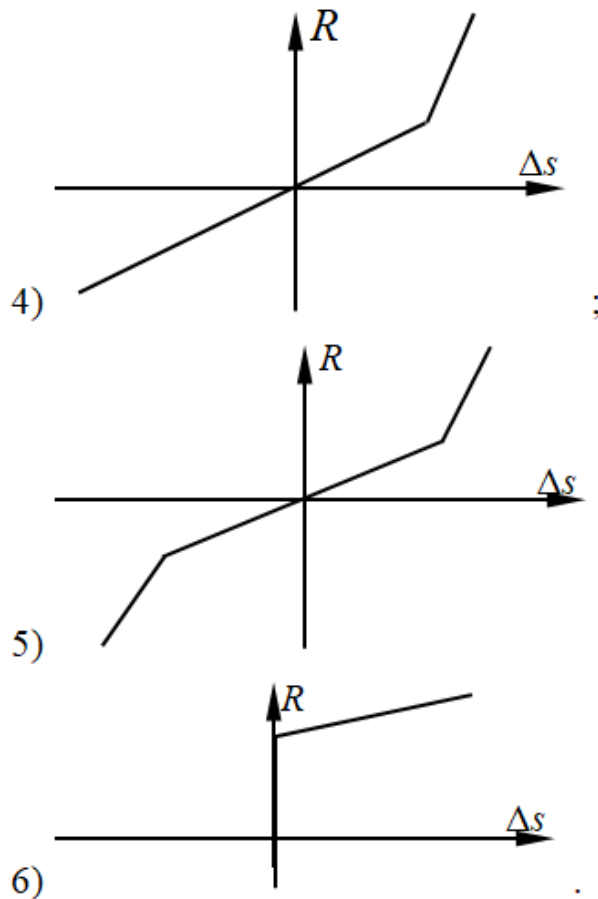
№ 3



На рисунке показаны упругие характеристики. Назовите их

- 1) Прогрессивная характеристика;
- 2) Дигрессивная характеристика;
- 3) Релейная характеристика;
- 4) Линейная характеристика;
- 5) Характеристика квази нулевой жесткости
- № 4 Амортизаторы с какой из перечисленных характеристик эффективнее всего поглощают энергию ударного воздействия?
- 1) Прогрессивная упругая характеристика;
- 2) Дигрессивная демпфирующая характеристика;
- 3) Релейная характеристика;
- 4) Линейная упругая характеристика;
- 5) Характеристика сухого трения
- № 5 Какие упругие характеристики можно реализовать с использованием пружин?
- 1) Прогрессивная упругая характеристика;
- 2) Дигрессивная упругая характеристика;
- 3) Релейная характеристика;
- 4) Линейная упругая характеристика;
- 5) Характеристика квази нулевой жесткости
- 6) Характеристика сухого трения
- № 6 Амортизаторы с какой из перечисленных характеристик (при оптимальном выборе параметров) будут иметь наименьший ход при ударном воздействии?
- 1) Прогрессивная характеристика;
- 2) Дигрессивная характеристика;
- 3) Релейная характеристика;
- 4) Линейная характеристика;
- 5) Характеристика квази нулевой жесткости
- № 7 Как изменяется амплитуда установившихся виброускорений амортизируемого объекта в линейной системе виброзащиты при гармоническом кинематическом воздействии с уменьшением суммарной жесткости амортизаторов (вплоть до нулевой)?
- 1) Растет, стремится к бесконечности;
- 2) Растет, стремится к некоторой константе;
- 3) Падает, стремится к нулю;
- 4) Падает, стремится к некоторой константе;
- 5) В зависимости от сочетаний параметров возможны разные варианты ответа.
- № 8 На рисунке показана схема амортизатора с предварительно поджатой пружиной. Какую характеристику имеет этот амортизатор?





№ 9 Амортизаторы с какими из перечисленных характеристик целесообразно использовать в виброзащитных системах, в которых защищаемым объектом являются люди?

- 1) Прогрессивная упругая характеристика;
- 2) Дигрессивная упругая характеристика;
- 3) Релейная характеристика;
- 4) Линейная упругая характеристика;

5) Характеристика сухого трения.

№ 10 На рисунке показана схема амортизатора. Левая пружина не имеет предварительного поджатия. У правой в начальном положении имеется зазор. Какую характеристику имеет такой амортизатор?

