

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УДАРОВИБРОЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА

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	6	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 УДАРОВИБРОЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА**

## **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 ударовиброзащиты;

на уровне воспроизведения – знать основные принципы расположения амортизаторов при сложном ударном нагружении;

на уровне понимания – знать особенности и принципы действия амортизаторов различных типов;

*умения:*

теоретические: выбирать тип и параметры амортизаторов устройств по заданным упруго-инерционным характеристикам системы и параметрам воздействия;

практические: рассчитывать динамические процессы при использовании различных типов и схем амортизации;

*навыки:*

работы с научной и справочной литературы при проектировании систем ударовиброзащиты, проведении расчетов и экспериментальных исследований и анализе результатов;

проведения расчетов и выбора параметров ударовиброзащитных устройств.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **УДАРОВИБРОЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА** 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: **ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И НАЧАЛА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.**

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
- ПСК-04 — Способен проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем для прогнозирования функционирования, оптимизации, ожидаемых рисков и возможных отказов

### 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		ПСК-10
3	6	<b>Раздел 1. Раздел 1. Раздел 1. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания.</b> 1.1. Причины вибрации двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Математическая модель возмущающих сил и моментов. Способы уравнивания инерционных сил и моментов и снижения неравномерности момента на выходном валу. 1.2. Требования к системе амортизации ДВС. 1.3. Жесткость и демпфирование резиновых и резинометаллических амортизаторов. Фактор формы. Схемные решения амортизаторов. 1.4. Схемные решения системы амортизации ДВС. Установка амортизаторов под углом к главным осям инерции. 1.5. Способ определения оптимальных мест установки амортизаторов ДВС с учетом имеющихся ограничений. 1.6. Расчет динамики ДВС на амортизаторах и вибрации основания с учетом его податливости.	48	13	8	5	0	35	20
3	6	<b>Раздел 2. Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионных.</b> 2.1. Общая характеристика и схемы пружинных, рессорных и торсионных амортизаторов с линейной упругой характеристикой. 2.2. Математические модели 2.3. Использование предварительного поджатия, упоров и зазоров для реализации прогрессивной или дигрессивной характеристики в пружинных амортизаторах. 2.4. Использование пружин сжатия для амортизаторов двухстороннего действия 2.5. Схемные решения. 2.6. Демпфирующие свойства пружинных, рессорных и торсионных амортизаторов 2.7. Достоинства, недостатки и области применения пружинных и торсионных амортизаторов.	8	8	4	4	0	0	5
3	6	<b>Раздел 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы.</b> 3.1. Общая характеристика и классификация пневмоамортизаторов. Пневмоамортизаторы поршневого, баллонного, диафрагменного и смешанного типов. 3.2. Математические модели пневмоамортизаторов. Учет влияния деформации баллона 3.3. Упругие характеристики однокамерных и двухкамерных пневмоамортизаторов 3.4. Параметрический синтез однокамерных и двухкамерных пневмоамортизаторов 3.5. Пневмодемпфирующие амортизаторы. Принцип действия 3.6. Пневмодемпфирующие амортизаторы. Математические модели. 3.7. Пневмоамортизаторы полуактивного и активного типов. 3.8. Пневмоамортизаторы с управляемыми клапанами. Способы повышения быстродействия пневмоамортизаторов полуактивного и активного типов. 3.9. Достоинства и недостатки пневматических и пневмодемпфирующих амортизаторов.	32	23	6	0	17	9	15
3	6	<b>Раздел 4. Гидродемпферы и гидropневматические амортизаторы.</b> 4.1. Физическая картина преобразования энергии в гидродемпферах демпфирование колебаний в гидродемпферах. 4.2. Демпфирование при истечении жидкости через дроссель и щель. Математические модели. 4.3. Демпфирование при истечении жидкости через клапанный зазор. Математические модели 4.4. Схемы клапанных устройств и клапанных коробок и требования к ним. Их демпфирующие характеристики. 4.5. Принципы выбора параметров клапанов в гидродемпферах. 4.6. Однотрубные и двухтрубные амортизаторы автомобилей. Математические модели. 4.7. Пневмогидравлические амортизаторы большегрузных автомобилей с длинноходовыми подвесками. Математические модели. 4.8. Гидродемпферы систем амортизации ШПУ. Математические модели. 4.9. Проблемы вибропроводимости, забросов давления и автоколебаний клапанов и способы их решения. 4.10. Схема гидropневматического амортизатора с пониженной вибропроводимостью. 4.11. Гидродемпферы полуактивного и активного типов. Способы повышения быстродействия. 4.12. Использование магнитных жидкостей в гидродемпферах. Принципы работы.	24	10	6	4	0	14	20
3	6	<b>Раздел 5. Амортизаторы сухого трения, упругопластические амортизаторы и амортизаторы, работающие в режиме потери устойчивости.</b> 5.1. Схемы и конструкции амортизаторов сухого трения. Обеспечение двустороннего действия. Математические модели. Принципы выбора параметров. Область применения 5.2. Схемы и конструкции упругопластических амортизаторов. Математические модели. Принципы выбора параметров. Область применения 5.3. Схемы и конструкции эластомерных арочных амортизаторов Математические модели. Принципы выбора параметров. Область применения. 5.4. Схемы и конструкции металлических амортизаторов, работающих с потерей устойчивости. Математические модели. Принципы выбора параметров. Область применения. 5.5. Амортизаторы из пористых материалов. Постельная система амортизации. Область применения. 5.6. Амортизаторы из конструкций сотовой структуры. Область применения. 5.7. Амортизаторы квазиулевого жесткости. Математические модели. Принципы выбора параметров. Область применения.	8	2	2	0	0	6	5
3	6	<b>Раздел 6. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении.</b> 6.1. Дорожное воздействие. Понятие о макропрофиле и микропрофиле. Микропрофиль как случайный процесс. 6.2. Динамическая модель автомобиля. Понятие о вторичном поддрессировании. 6.3. Математическая модель взаимодействия шины с поверхностью дороги. Учет деформаций шины. 6.4. Упругие и демпфирующие элементы в подвеске автомобиля. Требования к параметрам амортизаторов подвески. Выбор параметров. 6.5. Понятие о спектральной теории поддрессирования.	14	8	4	4	0	6	20
3	6	<b>Раздел 7. Системы ударовиброзащиты ракетной техники.</b> 7.1. Расчетные воздействия на изделия ракетной техники 7.2. Общие требования к системам ударовиброзащиты ракетной техники 7.3. Выбор числа и расположения поясов	10	4	4	0	0	6	15

	амортизации 7.4. Выбор типа и характеристик амортизаторов. 7.5. Принципы расчета систем ударовиброзащиты изделий ракетной техники на ударное воздействие.							
<b>Всего за 6 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 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы.	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 6 семестр			17

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Раздел 1. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания.	Определение нагрузок, действующих на основание ДВС при его работе	5
2	Раздел 2. Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионов.	Определение силовых характеристик пружинных амортизаторов	4
3	Раздел 4. Гидродемпферы и гидропневматические амортизаторы.	Построение демпфирующих характеристик гидродемпфера с клапанным регулированием	4
4	Раздел 6. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении.	Расчет плавности хода автомобиля	4
<b>Всего за 6 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. Раздел 1. Раздел 1. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания.	Выполнение домашнего задания	33
2		Оформление отчета по лабораторной работе	2
3	Раздел 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы.	Самостоятельное дидактических единицы 3.3-3.5 и 3.7 по учебной литературе	9
4	Раздел 4. Гидродемпферы и гидропневматические амортизаторы.	Повторение раздела "Местные сопротивления" из курса "Гидросистемы и гидромашины"	4
5		Самостоятельное изучение конструкций однотрубных, двухтрубных и гидропневматических амортизаторов по учебной литературе	6
6		Подготовка к лабораторной работе	2
7		Проведение дополнительных расчетов и оформление отчета по лабораторной работе	2
8	Раздел 5. Амортизаторы сухого трения, упругопластические амортизаторы и амортизаторы, работающие в режиме потери устойчивости.	Повторение раздела "устойчивость стержней" из курса "Сопротивление материалов"	3
9		Самостоятельное изучение амортизаторов квазиулевого жесткости по учебной литературе	3
10	Раздел 6. Ударовиброзащита автомобилей и	Повторение математических моделей	2

11	специальных транспортных средств при движении.	амортизаторов подвески	2
		Самостоятельное изучение дидактической единицы 6.1 по учебной литературе	
12		Проведение расчетов и оформлнение отчета по лабораторной работе	2
13	Раздел 7. Системы ударовиброзащиты ракетной техники.	Повторение темы "системы амортизации длинномерных объектов" из курса "Теория амортизации систем"	6
Всего за 6 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
6		Отч. по ЛР				ДР	ДЗ			ДР				Отч. по ЛР		ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- ДЗ – домашнее задание;
- 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;
- отчет по ЛР;
- домашнее задание;
- 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. В. А. Стенин. . Судовое главное энергетическое оборудование. Расчёт судового дизеля. Архангельск: Изд-во САФУ, 2014, эл. рес.
2. В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 36 экз.
3. 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.
4. 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.
5. В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
6. П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, 30 экз.
7. 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.
8. 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. Е. Т. Григорьев. . Расчёт и конструирование резиновых амортизаторов. М.: Машгиз, 1960, 2 экз.
2. Й. Раймпель. . Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колёса. М.: Машиностроение, 1986, 1 экз.
3. П. М. Алабужев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким. . Виброзащитные системы с квазиулеевой жёсткостью. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986, 2 экз.
4. 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.rffi.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 **УДАРОВИБРОЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА** 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 проектированием ударовиброзащитных систем и устройств и исследованием их функционирования: 1) изучение динамики виброзащитных систем и выбора их параметров; 2) знакомство с основными типами ударовиброзащитных устройств, их схемами и особенностями проектирования; 3) изучение принципов обеспечения плавности хода автомобилей и специальных транспортных средств. 4) изучением общих принципов проектирования систем ударовиброзащиты ракетной техники.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- домашнее задание;
- 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.
Раздел 1. Раздел 1. Раздел 1. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания.		
Выполнение домашнего задания	Ю. А. Круглов, Ю. А. Туманов. . Ударовиброзащита машин, оборудования и аппаратуры: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986 (4) В. А. Стенин. . Судовое главное энергетическое оборудование. Расчёт судового дизеля: Архангельск: Изд-во САФУ, 2014 (3-5) Е. Т. Григорьев. . Расчёт и конструирование резиновых амортизаторов: М.: Машгиз, 1960 (3)	33
Оформление отчета по лабораторной работе		2
Итого по разделу 1		35
Раздел 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы.		
Самостоятельное дидактических единицы 3.3-3.5 и 3.7 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" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4) В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3)	9
Итого по разделу 3		9
Раздел 4. Гидродемпферы и гидропневматические амортизаторы.		
Повторение раздела "Местные сопротивления" из курса "Гидросистемы и гидромашины"	В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2) Й. Раймпель. . Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колёса: М.: Машиностроение, 1986 (4) П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (5)	4
Самостоятельное изучение конструкций однотрубных, двухтрубных и гидропневматических амортизаторов по учебной литературе		6
Подготовка к лабораторной работе		2
Проведение дополнительных расчетов и оформление отчета по лабораторной работе		2
Итого по разделу 4		14
Раздел 5. Амортизаторы сухого трения, упругопластические амортизаторы и амортизаторы, работающие в режиме потери устойчивости.		

Повторение раздела "устойчивость стержней" из курса "Сопротивление материалов"	Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4)	3
Самостоятельное изучение амортизаторов квазиулевого жесткости по учебной литературе	П. М. Алабужев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким. . Виброзащитные системы с квазиулевого жёсткостью: Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986 (2-3) Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (3)	3
Итого по разделу 5		6
<b>Раздел 6. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении.</b>		
Повторение математических моделей амортизаторов подвески	Й. Раймпель. . Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колёса: М.: Машиностроение, 1986 (1) В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1-2)	2
Самостоятельное изучение дидактической единицы 6.1 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)	2
Проведение расчетов и оформление отчета по 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 (3-4)	2
Итого по разделу 6		6
<b>Раздел 7. Системы ударовиброзащиты ракетной техники.</b>		
Повторение темы "системы амортизации длинномерных объектов" из курса "Теория амортизации систем"	П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (4) Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (1-3) В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (4)	6
Итого по разделу 7		6

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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.

#### Домашнее задание

Домашнее задание состоит в расчете амплитуд динамических нагрузок первого и второго рода, действующих на четырехтактный двух- или четырехцилиндровый двигатель внутреннего сгорания и выборе размеров резиновых амортизаторов исходя из заданных требований по снижению амплитуды сил, передаваемых на основание. Отчет по домашнему заданию должен содержать расчетную схему, расчетные формулы с пояснениями и ответы.

Домашнее задание представляется в бумажном или электронном виде.

Домашнее задание считается зачтенным, если искомые значения вычислены с погрешностью не более 1%.

Примеры домашних заданий выложены в ЭИОС Moodle БГТУ.

#### Отчет по ЛР

Лабораторные работы выполняются на компьютере в пакете Matlab. По результатам работы студенты оформляют отчеты в бумажном виде, включающие цели работы, основные формулы и результаты. Студент допускается к защите, если искомые величины определены правильно с погрешностью не более 1% и при наличии правильно оформленного отчета.

Защита проходит в форме ответов на вопросы преподавателя (3 вопроса). Лабораторная работа считается защищенной правильных ответах не менее, чем на 2 вопроса.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

1. Пружинные амортизаторы. Основные типы, методы расчета и конструкции.

Общая характеристика пневмоамортизаторов (основные типы, свойства, достоинства, недостатки)

2. Математическая модель работы однокамерных пневмоамортизаторов и работы пары амортизаторов, установленных навстречу друг другу.

3. Параметрический синтез однокамерных пневмоамортизаторов поршневого типа

4. Математическая модель работы двухкамерных пневмоамортизаторов и работы пары амортизаторов, установленных навстречу друг другу.

5. Параметрический синтез двухкамерных поршневых пневмоамортизаторов

6. Пневмодемпфирующие амортизаторы. Принцип работы и схемы.

7. Пневмодемпфирующие амортизаторы. Математические модели.

8. Гидродемпферы. Дроссельное регулирование. Теоретические основы работы.

9. Гидродемпферы. Клапанное регулирование. Теоретические основы работы.

10. Двухтрубные гидроамортизаторы. Конструкции амортизаторов. Физическое и математическое описание работы

11. Однотрубные гидроамортизаторы. Конструкции амортизаторов. Физическое и математическое описание работы

12. Гидропневматические амортизаторы Конструкции амортизаторов. Физическое и математическое описание работы

13. Схемы клапанов в гидродемпферах и требования к ним.

14. Упругопластические амортизаторы и амортизаторы сухого трения. Схемные решения, принцип работы. Характеристики

15. Амортизаторы квазиулево́й жесткости. Математические модели. Принципы выбора параметров. Область применения
16. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении. Динамическая схема. Математические модели. Понятие о вторичном поддресоривании
19. Системы ударовиброзащиты ракетной техники

#### **Дифференцированный зачет**

Студент допускается к дифференцированному зачету при условии успешной сдачи Домашнего задания №1 и Домашнего задания №2.

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит форме устных ответов на вопросы из списка, приведенного в пункте "Вопросы к дифференцированному зачету".

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

- оценка ЗАЧТЕНО-ОТЛИЧНО – полное раскрытие теоретического вопроса при высоком уровне владения материалом;
- оценка ЗАЧТЕНО-ХОРОШО – полное раскрытие теоретического вопроса при среднем уровне владения материалом;
- оценка ЗАЧТЕНО-УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – полное раскрытие теоретического вопроса при слабом уровне владения материалом, либо недостаточно полное раскрытие теоретического вопроса при среднем уровне владения материалом;
- оценка НЕ ЗАЧТЕНО – в иных случаях.

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		ПСК-10	
3	6	Раздел 1. Раздел 1. Раздел 1. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания.	48	13	8	5	0	35	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 2. Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионов.	8	8	4	4	0	0	5	Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы.	32	23	6	0	17	9	15	Вопросы к дифференцированному зачету
3	6	Раздел 4. Гидродемпферы и гидропневматические амортизаторы.	24	10	6	4	0	14	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 5. Амортизаторы сухого трения, упругопластические амортизаторы и амортизаторы, работающие в режиме потери устойчивости.	8	2	2	0	0	6	5	Вопросы к дифференцированному зачету
3	6	Раздел 6. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении.	14	8	4	4	0	6	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 7. Системы ударовиброзащиты ракетной техники.	10	4	4	0	0	6	15	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 6 семестр			144	68	34	17	17	76	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	17	17	76	100	

## Критерии оценивания

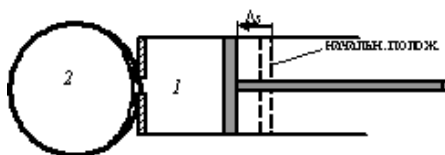
### ПСК-10

Вопросы открытого типа:

- № 1 При рассмотрении виброзащиты двигателя внутреннего сгорания силами инерции второго рода называют силы, действующие на двигатель на частоте, равной ...
- № 2 Схема виброзащиты ДВС с качалкой используется для того, чтобы....
- № 3 Для того, чтобы реализовать «ступеньку» с уменьшением жесткости в упругой характеристике пневмоамортизатора необходимо использовать дополнительную камеру, начальное давление в которой выше...
- № 4 На фотографии изображен...

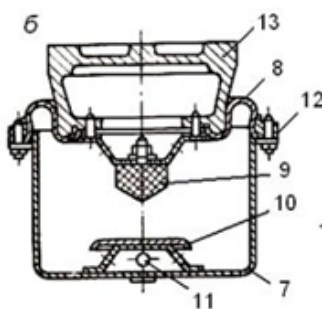


- № 5 Какой газ чаще всего используется в пневматических амортизаторах?
- № 6



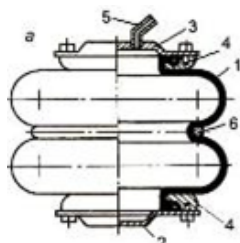
На рисунке показан двухкамерный пневмоамортизатор в повышенном начальном давлении во второй камере. Для того, чтобы не изменяя жесткость на первом участке упругой характеристики и точку переключения с первого участка на второй, уменьшить жесткость упругой характеристики при вступлении в работу второй камеры, необходимо...

- № 7



На рисунке показан пневмоамортизатор... типа

- № 8



- № 9 С увеличением демпфирования амплитуда установившихся виброускорений

- амортизируемого объекта в линейной системе виброзащиты при гармоническом кинематическом воздействии...
- № 10 Основной задачей системы ударовиброзащиты при кинематическом воздействии является...
- Вопросы закрытого типа:
- № 1 Использование противовесов на маховике одноцилиндрового ДВС позволяет:
- 1) Существенно снизить силы инерции первого рода;
  - 2) Полностью погасить силы инерции первого рода;
  - 3) Существенно снизить силы инерции второго рода;
  - 4) Полностью погасить силы инерции второго рода;
  - 5) Полностью погасить силы инерции первого рода и существенно снизить силы инерции второго рода;
  - 6) Полностью погасить силы инерции первого и второго рода.
- № 2 В каком из рядных четырехтактных двигателей инерционные силы и моменты лучше всего уравновешены?
- 1) двухцилиндровом;
  - 2) трехцилиндровом;
  - 3) четырехцилиндровом;
  - 4) пятицилиндровом.
- № 3 Как соотносятся жесткости резиновых амортизаторов призматической формы на сжатие и на сдвиг?
- 1) примерно равны;
  - 2) жесткость на сжатие в 1,5-4 раза выше, чем на сдвиг;
  - 3) жесткость на сжатие в 5-8 раза выше, чем на сдвиг;
  - 4) жесткость на сжатие в 1,5-4 раза ниже, чем на сдвиг;
  - 5) жесткость на сжатие в 5-8 раза ниже, чем на сдвиг.
- № 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 Давление в пневмоамортизаторах баллонного типа обычно составляет...
- 1) 0,5-1 МПа;
  - 2) 1-1,5 МПа;
  - 3) 1,5-5 МПа;
  - 4) 5-10 МПа;
  - 5) 10-20 МПа.
- № 6 Перечислите ограничения, которые в общем случае могут быть заданы для

параметрического синтеза однокамерных пневмоамортизаторов систем ударозащиты

- 1) Максимальное абсолютное перемещение объекта;
  - 2) Максимальный ход амортизаторов
  - 3) Максимальная относительная скорость объекта;
  - 4) Максимальное ускорение объекта;
  - 5) Минимальное давление в рабочей камере;
  - 6) Максимальное давление в рабочей камере.
- № 7 Что называется эквивалентной площадью пневмоамортизаторов баллонного и диафрагменного типов?
- 1) Отношение создаваемой амортизатором силы к давлению;
  - 2) Производная от создаваемой амортизатором силы по давлению;
  - 3) Производная от объема по абсолютной деформации, взятая с обратным знаком;
  - 4) Среднее отношение создаваемой амортизатором силы к давлению в заданном диапазоне;
  - 5) Проекция площади баллона на плоскость, перпендикулярную направлению деформации.
- № 8 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 квазинулевой жесткости
- № 9 Перечислите преимущества пневмодемпфирующих амортизаторов в сравнении с гидродемпферами:
- 1) меньшие габариты;
  - 2) более высокое демпфирование;
  - 3) отсутствие ударовибропроводимости;
  - 4) большой ресурс;
  - 5) создание как упругой и демпфирующей составляющих реакции.
- № 10 Какой тип имеет демпфирующая характеристика пневмодемпфирующих амортизаторов?
- 1) Линейный;
  - 2) Прогрессивный;
  - 3) Дигрессивный;
  - 4) Сухого трения;
  - 5) Демпфирующая составляющая усилия не имеет алгебраического выражения.