

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

«___» _____ 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-космическая техника
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	3	108	68	34	17	17	40	0	0	40	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: 2026

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 Маштаков А.П., к.т.н., доц. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Маштаков А.П., к.т.н., доц. _____

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:

ПК-10 — Способен 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:

ПК-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: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ, УДАРОВИВРОЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА, ДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТОВ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ, 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
- 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 3 з.е., 108 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-10
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	15
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.	4	2	2	0	0	2	10
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.Эластомерные 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 квазиулево жесткости.	10	6	6	0	0	4	15
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	8	2	3	3	3	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.	11	8	2	3	3	3	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.	20	14	6	4	4	6	10
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.	12	8	2	3	3	4	10
3	5	Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы. 8.1. Требования к жесткости и расположению амортизаторов. 8.2. Схемы установки амортизаторов.	9	2	2	0	0	7	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.	27	16	8	4	4	11	10
Всего за 5 семестр			108	68	34	17	17	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100

3.2. Аудиторный практикум

№	Номер и наименование раздела	Тема практического занятия	Объем,
6			35136

п/п	дисциплины		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
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	2
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.	4
3	Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.	Подготовка к лабораторной работе	3
4	Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	3
5	Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	6

	степенями свободы.		
6	Раздел 7. Динамические гасители колебаний.	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	4
7	Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы.	Самостоятельное изучение схем установки объектов на амортизаторы по учебной литературе	3
8		Подготовка к контрольной работе	4
9	Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	6
10		Подготовка к Дифференцированному зачету	5
Всего за 5 семестр			40

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			Контр.Р.	ЛР	ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Контр.Р. – контрольная 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;
- контрольная 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 - 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. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
2. Matlab 2015a SP1;
3. Microsoft Office;
4. 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-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-10 Способен 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;
- контрольная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 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>	2
Итого по разделу 2		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.	<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. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4)</p> <p>П. М. Алабужев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким. . Виброзащитные системы с квазиулевого 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>	4
Итого по разделу 3		4
Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.		

Подготовка к лабораторной работе	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) 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) П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3)	3
Итого по разделу 4		3
Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.		
Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	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) В. А. Стенин. . Судовое главное энергетическое оборудование. Расчёт судового дизеля: Архангельск: Изд-во САФУ, 2014 (3)	3
Итого по разделу 5		3
Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.		
Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	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)	6
Итого по разделу 6		6
Раздел 7. Динамические гасители колебаний.		
Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (5) 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) Ю. А. Круглов, Ю. А. Туманов. . Ударовиброзащита машин, оборудования и аппаратуры: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986 (4)	4
Итого по разделу 7		4

Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы.		
Самостоятельное изучение схем установки объектов на амортизаторы по учебной литературе	В. Ю. Кирпичников. . Вибровозбудимость конструкций и пути её уменьшения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (7) П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (2) Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4)	3
Подготовка к контрольной работе		4
Итого по разделу 8		7
Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.		
Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	А. Г. Храмов. . Теория случайных процессов: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (2-3) 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 (2-3)	6
Подготовка к Дифференцированному зачету	В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1)	5
Итого по разделу 9		11

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- контрольная работа;
- 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

Контрольная работа

В рамках контрольной работы студенту дается 1 задача по темам 4-6. Время выполнения контрольной работы - 45 минут. Контрольная работа считается выполненной успешно, если погрешность ответа не превышает 2% и правильно описан ход решения. Варианты контрольной работы входят в состав УМК дисциплины.

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 дифференцированный зачету при условии защищенных лабораторных работ и контрольной работы.

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит по вопросам из списка .

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

- оценка ЗАЧТЕНО-ОТЛИЧНО – полное раскрытие теоретического вопроса, высокий уровень владения материалом;
- оценка ЗАЧТЕНО-ХОРОШО – полное раскрытие теоретического вопроса, средний уровень владения материалом;
- оценка ЗАЧТЕНО-УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – неполное раскрытие теоретического вопроса, посредственное владение материалом;
- оценка НЕ ЗАЧТЕНО – большинство аспектов теоретического вопроса не раскрыты, слабое владение материалом, отсутствие знаний или отрывочные знания в предметной области.

Оценка может быть получена без собеседования на основании баллов, предусмотренных Технологической картой.

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		ПК-10	
3	5	Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения.	4	4	4	0	0	0	15	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 2. Пассивные, полуактивные (регулируемые) и активные системы амортизации.	4	2	2	0	0	2	10	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 3. Упругие и демпфирующие характеристики амортизаторов различных типов.	10	6	6	0	0	4	15	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 4. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом кинематическом воздействии.	11	8	2	3	3	3	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа, Контрольная работа
3	5	Раздел 5. Линейные системы виброзащиты с одной степенью свободы при гармоническом динамическом воздействии.	11	8	2	3	3	3	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа, Контрольная работа
3	5	Раздел 6. Системы виброзащиты длинномерных объектов с двумя степенями свободы.	20	14	6	4	4	6	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа, Контрольная работа
3	5	Раздел 7. Динамические гасители колебаний.	12	8	2	3	3	4	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа

3	5	Раздел 8. Виброзащита пространственных объектов с шестью степенями свободы.	9	2	2	0	0	7	10	Вопросы к дифференцированному зачету
3	5	Раздел 9. Линейные системы виброзащиты при случайном воздействии.	27	16	8	4	4	11	10	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 5 семестр			108	68	34	17	17	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100	

Оценочные материалы по дисциплине СИСТЕМЫ АМОРТИЗАЦИИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

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

№ 1 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)

№ 2 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?

№ 3 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

№ 4 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

№ 5 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

№ 6 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

№ 7 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.

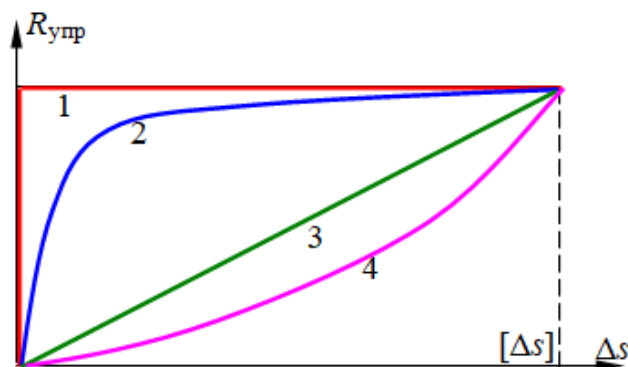
№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

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

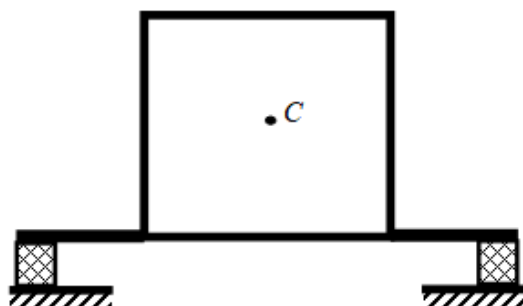
№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

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



№ 10 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 парциальной частоты угловых колебаний
4. Низкая жесткость на угловые смещения в плоскости рисунка

№ 11 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

№ 12 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