

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИСТЕМЫ УДАРОВИБРОЗАЩИТЫ

| | |
|--|--|
| Направление/специальность подготовки | 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов |
| Уровень высшего образования | Бакалавриат |
| 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 | 6 | 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)

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

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 УДАРОВИБРОЗАЩИТЫ

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-3.3 — Способен проектировать и конструировать механические конструкции, системы и агрегаты летательных аппаратов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-3.3

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: рассчитывать динамические процессы при использовании различных схем ударовиброзащиты, 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 **СИСТЕМЫ УДАРОВИБРОЗАЩИТЫ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению 24.03.01 *Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ТЕОРИЯ АМОРТИЗАЦИИ СИСТЕМ, ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И НАЧАЛА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДИНАМИКА КОНСТРУКЦИЙ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ПК-3.2 — Способен проводить расчетную и экспериментальную отработку динамики и прочности конструкций изделий ракетно-космической техники

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 компетencies, % |
|------|---------|---|-------|--|--------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Лабораторный практикум | Практические занятия | | |
| 3 | 6 | Раздел 1. Раздел 1. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания. 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. | 19 | 14 | 10 | 4 | 0 | 5 | 15 |
| 3 | 6 | Раздел 2. Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионных. 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. | 12 | 6 | 2 | 4 | 0 | 6 | 10 |
| 3 | 6 | Раздел 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы. 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. | 31 | 25 | 4 | 4 | 17 | 6 | 15 |
| 3 | 6 | Раздел 4. Гидродемпферы и гидропневматические амортизаторы. 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 гидропневматического амортизатора с пониженной вибропроводимостью. 4.11. Гидродемпферы полуактивного и активного типов. Способы повышения быстродействия. 4.12. Использование магнитных жидкостей в гидродемпферах. Принципы работы. | 18 | 11 | 6 | 5 | 0 | 7 | 15 |
| 3 | 6 | Раздел 5. Амортизаторы сухого трения, упругопластические амортизаторы и амортизаторы, работающие в режиме потери устойчивости. 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 квазиузуловой жесткости. Математические модели. Принципы выбора параметров. Область применения. | 7 | 2 | 2 | 0 | 0 | 5 | 10 |
| 3 | 6 | Раздел 6. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении. 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. | 9 | 4 | 4 | 0 | 0 | 5 | 10 |
| 3 | 6 | Раздел 7. Системы ударовиброзащиты ракетной техники. 7.1. Расчетные воздействия на изделия ракетной техники 7.2. Общие требования к системам ударовиброзащиты ракетной техники 7.3. Выбор числа и расположения поясов амортизации 7.4. Выбор типа и характеристик амортизаторов. 7.5. Принципы | 10 | 4 | 4 | 0 | 0 | 6 | 15 |

| | | | | | | | | | |
|---------------------|---|---|-----|----|----|----|----|----|-----|
| | | расчета систем ударовиброзащиты изделий ракетной техники на ударное воздействие. | | | | | | | |
| 3 | 6 | Раздел 8. Аэродинамические нагрузки на конструкции и сооружения и агрегаты при обычном и ядерном взрывах. 8.1. Параметры ударных волн при взрывах. Формулы Садовского 8.2. Параметры спутного потока за ударной волной. Отражение ударных волн от преград 8.3. Физическая картина и математическое описание нагрузок на конструкции и сооружения при воздействии ударных волн и спутных потоков 8.4. Особенности ударозащиты при взрывных воздействиях. | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| Всего за 6 семестр | | | 108 | 68 | 34 | 17 | 17 | 40 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 68 | 34 | 17 | 17 | 40 | 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. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания. | Определение нагрузок, действующих на основание ДВС при его работе | 4 |
| 2 | Раздел 2. Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионов. | Определение силовых характеристик пружинных амортизаторов | 4 |
| 3 | Раздел 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы. | Динамика системы ударозащиты на основе пневмодемпфирующих амортизаторов | 4 |
| 4 | Раздел 4. Гидродемпферы и гидропневматические амортизаторы. | Построение демпфирующих характеристик гидродемпера с клапанным регулированием | 5 |
| Всего за 6 семестр | | | 17 |

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|-------|---|---|--------------|
| 1 | Раздел 1. Раздел 1. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания. | Подготовка к лабораторной работе | 2 |
| 2 | | Оформление отчета по лабораторной работе | 3 |
| 3 | Раздел 2. Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионов. | Повторение разделов "изгиб балок" и "кручение балок" из курса «Сопротивление материалов». | 3 |
| 4 | | Оформление отчета по лабораторной работе | 3 |
| 5 | Раздел 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы. | Самостоятельное дидактических единицы 3.3, 3.5 и 3.7 по учебной литературе | 2 |
| 6 | | Подготовка к лабораторной работе | 2 |
| 7 | | Проведение дополнительных расчетов и оформление отчета по лабораторной работе | 2 |
| 8 | Раздел 4. Гидродемпферы и гидропневматические амортизаторы. | Подготовка к лабораторной работе | 2 |
| 9 | | Проведение дополнительных расчетов и оформление отчета по лабораторной работе | 2 |
| 10 | | Самостоятельное изучение конструкций однотрубных, двухтрубных и | 3 |

| | | | |
|--------------------|--|--|----|
| | | гидропневматических амортизаторов по учебной литературе | |
| 11 | Раздел 5. Амортизаторы сухого трения, упругопластические амортизаторы и амортизаторы, работающие в режиме потери устойчивости. | Повторение раздела "устойчивость стержней" из курса "Сопротивление материалов" | 2 |
| 12 | | Самостоятельное изучение амортизаторов квазинулевой жесткости по учебной литературе | 3 |
| 13 | Раздел 6. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении. | Повторение математических моделей амортизаторов подвески | 2 |
| 14 | | Самостоятельное изучение дидактической единицы 6.1 по учебной литературе | 3 |
| 15 | Раздел 7. Системы ударовиброзащиты ракетной техники. | Повторение темы "системы амортизации ШПУ" из курса "Проектирование стартового оборудования" | 4 |
| 16 | | Повторение темы "системы амортизации длинномерных объектов" из курса "Теория амортизации систем" | 2 |
| Всего за 6 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 |
| 6 | | Отч. по ЛР | | | | ДР | Отч. по ЛР | | | ДР | | Отч. по ЛР | | | | ДР | Вопр.Диф.Зач, диф. зач. |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- 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;
- 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. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
4. В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Защитные устройства пусковых установок. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 34 экз.
5. В. И. Коньчев, Т. И. Максимова, В. Б. Митенков. Динамика оборудования подвижных объектов. Ч. 2 Случайные вибрационные процессы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1998, 28 экз.
6. В. И. Коньчев, Т. И. Максимова, Я. Г. Марков. Динамика оборудования подвижных объектов. Ч. 1 Детерминированные вибрационные процессы. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1997, 53 экз.
7. В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
8. Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
9. П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, эл. рес.
10. П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, 30 экз.
11. Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986, эл. рес.
12. Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. . Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 73 экз.
13. Ю. А. Круглов, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 75 экз.
14. 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.
15. 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 квази нулевой 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:

1. Вопросы оборонной техники. Серия 16;
2. Естественные и технические науки.

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 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.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Matlab 2015a SP1;
2. 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 УДАРОВИБРОЗАЩИТЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-3.3 Способен проектировать и конструировать механические конструкции, системы и агрегаты летательных аппаратов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектированием ударовиброзащитных систем и устройств и исследованием их функционирования:

- 1) изучение динамики виброзащитных систем при случайном воздействии 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;
- 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 1. Раздел 1. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания. | | |
| Подготовка к лабораторной работе | Ю. А. Круглов, Ю. А. Туманов. . Ударовиброзащита машин, оборудования и аппаратуры: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986 (4) | 2 |
| Оформление отчета по лабораторной работе | 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) | 3 |
| Итого по разделу 1 | | 5 |
| Раздел 2. Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионов. | | |
| Повторение разделов "изгиб балок" и "кручение балок" из курса «Сопротивление материалов». | Й. Раймпель. . Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колёса: М.: Машиностроение, 1986 (3) В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2) В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2) | 3 |
| Оформление отчета по лабораторной работе | 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 2 | | 6 |
| Раздел 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы. | | |
| Самостоятельное дидактических единицы 3.3, 3.5 и 3.7 по учебной литературе | В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3) | 2 |
| Подготовка к лабораторной работе | Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4) | 2 |
| Проведение дополнительных расчетов и оформление отчета по лабораторной работе | 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. | 2 |

| | | |
|---|---|---|
| | Устинова, 2010 (2) В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3) | |
| Итого по разделу 3 | | 6 |
| Раздел 4. Гидродемпферы и гидропневматические амортизаторы. | | |
| Подготовка к лабораторной работе | Й. Раймпель. . Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колёса: М.: Машиностроение, 1986 (4) | 2 |
| Проведение дополнительных расчетов и оформление отчета по лабораторной работе | В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Ударовиброзащитные устройства стартовых комплексов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3) | 2 |
| Самостоятельное изучение конструкций однотрубных, двухтрубных и гидропневматических 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) П. П. Телепнёв, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (4) П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (4) | 3 |
| Итого по разделу 4 | | 7 |
| 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, Б. А. Храмов, Э. Н. Кабанов. . Системы ударовиброзащиты ракет, аппаратуры и оборудования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (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) | 2 |
| Самостоятельное изучение амортизаторов квазиулеевой жесткости по учебной литературе | П. М. Алабужев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким. . Виброзащитные системы с квазиулеевой жёсткостью: Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986 (2-3) Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (4) | 3 |
| Итого по разделу 5 | | 5 |
| Раздел 6. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении. | | |
| Повторение математических моделей амортизаторов подвески | Й. Раймпель. . Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колёса: М.: Машиностроение, 1986 (1) 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 |
| Самостоятельное изучение дидактической единицы 6.1 по учебной литературе | В. П. Зюзликов, Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков. . Моделирование микропрофиля дорожной неровности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (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 |
| Итого по разделу 6 | | 5 |
| Раздел 7. Системы ударовиброзащиты ракетной техники. | | |

| | | |
|--|---|---|
| Повторение темы "системы амортизации ШПУ" из курса "Проектирование стартового оборудования" | В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Защитные устройства пусковых установок: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (4) Ю. А. Круглов. . Основы теории и проектирования систем ударовиброзащиты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1986 (1) | 4 |
| Повторение темы "системы амортизации длинномерных объектов" из курса "Теория амортизации систем" | П. П. Телепнев, Д. А. Кузнецов. . Основы проектирования виброзащиты космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (4) В. Г. Долбенков, С. М. Дудин. . Защитные устройства пусковых установок: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (4) | 2 |
| Итого по разделу 7 | | 6 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- 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.

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. Параметры ударных волн и спутного потока при обычных и ядерных взрывах. Понятие об оптимальной высоте взрыва
2. Взаимодействие ударных волн при взрыве с агрегатами, конструкциями и сооружениями
3. Пружинные амортизаторы. Основные типы, методы расчета и конструкции.
- Общая характеристика пневмоамортизаторов (основные типы, свойства, достоинства, недостатки)
4. Математическая модель работы однокамерных пневмоамортизаторов и работы пары амортизаторов, установленных навстречу друг другу.
5. Параметрический синтез однокамерных пневмоамортизаторов поршневого типа
6. Математическая модель работы двухкамерных пневмоамортизаторов и работы пары амортизаторов, установленных навстречу друг другу.
7. Параметрический синтез двухкамерных поршневых пневмоамортизаторов
8. Пневмодемпфирующие амортизаторы. Принцип работы и схемы.
9. Пневмодемпфирующие амортизаторы. Математические модели.
10. Гидродемпферы. Дроссельное регулирование. Теоретические основы работы.
11. Гидродемпферы. Клапанное регулирование. Теоретические основы работы.
12. Двухтрубные гидроамортизаторы. Конструкции амортизаторов. Физическое и математическое описание работы
13. Однотрубные гидроамортизаторы. Конструкции амортизаторов. Физическое и математическое описание работы
14. Гидропневматические амортизаторы Конструкции амортизаторов. Физическое и математическое описание работы
15. Схемы клапанов в гидродемпферах и требования к ним.
16. Упругопластические амортизаторы и амортизаторы сухого трения. Схемные решения, принцип работы. Характеристики
17. Амортизаторы квазиулевого жесткости. Математические модели. Принципы выбора параметров. Область применения
18. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении. Динамическая схема. Математические модели. Понятие о вторичном поддрессировании
19. Системы ударовиброзащиты ракетной техники

Дифференцированный зачет

Допуск к сдаче дифференцированному зачету обучающийся получает при условии сданных лабораторных работ.

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит в форме устных ответов на вопросы. Билет включает в себя два вопроса из списка "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 | | ПК-3.3 | | |
| 3 | 6 | Раздел 1. Раздел 1. Виброзащита основания двигателя внутреннего сгорания. | 19 | 14 | 10 | 4 | 0 | 5 | 15 | | Отчет по ЛР, Вопросы к дифференцированному зачету |
| 3 | 6 | Раздел 2. Амортизаторы на основе пружин, рессор и торсионов. | 12 | 6 | 2 | 4 | 0 | 6 | 10 | | Отчет по ЛР, Вопросы к дифференцированному зачету |
| 3 | 6 | Раздел 3. Пневматические и пневмодемпфирующие амортизаторы. | 31 | 25 | 4 | 4 | 17 | 6 | 15 | | Отчет по ЛР, Вопросы к дифференцированному зачету |
| 3 | 6 | Раздел 4. Гидродемпферы и гидропневматические амортизаторы. | 18 | 11 | 6 | 5 | 0 | 7 | 15 | | Отчет по ЛР, Вопросы к дифференцированному зачету |
| 3 | 6 | Раздел 5. Амортизаторы сухого трения, упругопластические амортизаторы и амортизаторы, работающие в режиме потери устойчивости. | 7 | 2 | 2 | 0 | 0 | 5 | 10 | | Вопросы к дифференцированному зачету |
| 3 | 6 | Раздел 6. Ударовиброзащита автомобилей и специальных транспортных средств при движении. | 9 | 4 | 4 | 0 | 0 | 5 | 10 | | Вопросы к дифференцированному зачету |
| 3 | 6 | Раздел 7. Системы ударовиброзащиты ракетной техники. | 10 | 4 | 4 | 0 | 0 | 6 | 15 | | Вопросы к дифференцированному зачету |
| 3 | 6 | Раздел 8. Аэродинамические нагрузки на конструкции и сооружения и агрегаты при обычном и ядерном взрывах. | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 | | Вопросы к дифференцированному зачету |
| Всего за 6 семестр | | | 108 | 68 | 34 | 17 | 17 | 40 | 100 | | |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 68 | 34 | 17 | 17 | 40 | 100 | | |

Оценочные материалы по дисциплине СИСТЕМЫ УДАРОВИБРОЗАЩИТЫ

ПК-3.3 - Способен проектировать и конструировать механические конструкции, системы и агрегаты летательных аппаратов

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Чем обусловлено частое применение клапана на основе тарельчатых пружин в гидродемпферах систем ударозащиты ракетных комплексов?

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Почему стенки автомобильных гидравлических амортизаторов при движении автомобиля имеют высокую температуру?

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие виды пневматических амортизаторов и максимальные давления в них.

| Амортизатор | Максимальные давления |
|------------------------|-----------------------|
| 1. Поршневого типа | А. 0,2-0,6 МПа |
| 2. Диафрагменного типа | Б. 0,7-1,6 МПа |
| 3. Баллонного типа | В. 2-8 МПа |
| | Г. 10-15 МПа |
| | Д. 15-30 МПа |

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

Для чего в гидродемпферах с клапанным регулированием и поджатием клапана обычно используется параллельное дроссельное отверстие?

1. Для выравнивания давлений между камерами в конце воздействия и при прогреве жидкости
2. На случай, если клапан заклинит
3. Для повышения дигрессивности характеристики
4. Для более плавного нарастания усилия в начале работы и при изменении знака скорости

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Приведите в соответствие математические характеристики случайных процессов и их вербальное описание

| Характеристика | Описание |
|------------------------------------|--|
| 1. Математическое ожидание | А. Для центрированных процессов – среднее значение квадрата случайной величины |
| 2. Среднеквадратическое отклонение | Б. Для центрированных процессов – корень квадратный из среднего значения квадрата случайной величины |
| 3. Спектральная плотность | В. Мера статистической взаимосвязи значений случайного процесса в разных точках |
| 4. Автокорреляционная функция | Г. Характеризует распределение энергии случайного процесса по частотам |
| | Д. Характеристика детерминированной составляющей случайного процесса |

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Запишите правильную последовательность действий при решении задачи параметрического синтеза однокамерного пневмоамортизатора.

1. Определение рабочей площади;
 2. Задание минимального давления;
 3. Определение равновесного давления;
 4. Определение начального объема.
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
- Запишите последовательность этапов решения задачи выбора параметров линейной виброзащитной системы с одной степенью свободы при случайном кинематическом воздействии
1. Варьирование частоты собственных колебаний системы
 2. Определение суммарной жесткости амортизаторов
 3. Определение спектральной плотности виброускорений объекта
 4. Определение максимального значения виброускорений объекта
 5. Задание спектральной плотности воздействия
 6. Сравнение расчетного значения виброускорений с предельно допустимым
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какой газ предпочтительно использовать в пневмоамортизаторах?
1. Атмосферный воздух;
 2. Высушенный воздух;
 3. Азот;
 4. Аргон.
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какие из пневматических амортизаторов, имеют самые высокие демпфирующие свойства?
1. Однокамерные поршневые;
 2. Однокамерные на основе резинокордовых оболочек;
 3. Двухкамерные поршневые со свободным перетеканием газа из рабочей камеры во внешнюю и обратно и с повышенным давлением во внешней камере;
 4. Двухкамерные на основе резинокордовых оболочек с малыми проходными сечениями между камерами, на которых возникает перепад давления
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- При каком из перечисленных условий корректный расчет плавности хода автотранспортного средства на основе спектрального подхода невозможен?
1. Упругие элементы разных колес имеют существенно разную жесткость
 2. Используется подвеска с сильно прогрессивной упругой характеристикой
 3. Спектральная плотность дорожного микропрофиля задана таблично
 4. На дороге имеются участки с уклоном
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Отметьте характеристики случайных процессов, которые взаимно однозначно связаны друг с другом
1. Математическое ожидание
 2. Дисперсия
 3. Автокорреляционная функция
 4. Спектральная плотность
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Отметьте параметры, которые влияют на демпфирующую реакцию гидродемпфера с клапаном, имеющим малое поджатие, более, чем линейно (с увеличением параметра в 2 раза реакция изменяется более, чем в 2 раза)
1. Диаметр клапана
 2. Жесткость пружины, поджимающей клапан к седлу
 3. Рабочая площадь цилиндра
 4. Скорость поршня