Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 10.06.2025 14:48:24
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«27» февраля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# Динамика технологических систем

Направление подготовки/специальность
**15.03.03 Прикладная механика**

Профиль/специализация
**Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности**

Квалификация
**бакалавр**

Формы обучения
**очная**

Москва, 2025 г

**Разработчик(и):**

Доцент, к.т.н.  /В.И. Щербаков/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин
и сопротивление материалов»,
д.ф-м.н., доцент  /А.А. Скворцов/

## 1. Цель и задачи освоения дисциплины.

Целью дисциплины является формирование знаний, умений и навыков по исследованию, расчету и анализу динамических процессов технологических систем.

К основным задачам дисциплины следует отнести получение студентами следующих навыков:

- построение расчетных схем и математических моделей для исследования динамического состояния технологических систем;

- исследования вибрационных, ударных и переходных процессов в узлах технологических систем;

- решение проблем виброзащиты, виброизоляции и шумоглушения;

- экспериментального и расчетного анализа вибраций различных конструктивных элементов технологических систем.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору профессионального цикла (Б1) основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части Б1:

– Высшая математика;

– Физика;

– Теоретическая механика;

– Сопротивление материалов;

В вариативной части блока Б1:

– Аналитическая динамика и теория колебаний;

– Уравнения математической физики.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| ПК-1 | Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность. | **знать:**<br>• Основные источники динамических процессов в машинах;<br>• Современные методы математического и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах<br>**уметь:**<br>• Выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности.<br>**владеть:**<br>• Навыками применения методов математического и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах. |

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единиц, т.е. **180** академических часов (из них 100 часов – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на четвертом курсе в течение двух семестров: в 7 семестре выделяется 2 зачетные единицы, т.е. 72 акад. часа (из них 36 часов самостоятельная работа студентов); в 8 семестре выделяется 3 зачетные единицы, т.е. 108 акад. часа (из них 64 часа самостоятельная работа студентов).

Структура и содержание дисциплины по срокам и видам работы представлены в Приложении 1.

### 4.2. Содержание дисциплины

#### 4.2.1. Лекции

Введение. Цель и задачи дисциплины. Расчетные схемы и математические модели конструктивных элементов и узлов машин для исследования динамики. Методы дискретизации.

Виды динамических воздействий на машины. Вибрационные, ударные, периодические и случайные воздействия. Переходные процессы. Влияние

демпфирования. Характеристики внешних динамических воздействий. Источники внутренних возмущений в конструкциях: дисбалансы, ветровые и гидродинамические нагрузки, возмущения при транспортировке объектов, возмущения в передачах.

Вибрации и шумы. Методы измерения вибраций и шума. Регистрируемые параметры и единицы измерения. Влияние акустического шума и вибраций на человека и аппаратуру. Приборы для замера вибраций и шума. Экологические ограничения по шуму и вибрациям.

Проблемы виброзащиты. Основные положения теории виброизоляции. Динамические модели виброзащиты для решения задач во временной и частотной областях.

Оценка отклика объекта на действие виброударных нагрузок. Случайные колебания систем. Анализ динамического отклика при сейсмическом воздействии.

Прямые и идентификационные методы построения динамических моделей машин, аппаратуры оборудования. Методы построения динамических моделей конструкций, описываемых уравнениями для систем с конечным числом степеней свободы. Модели для систем с распределенными параметрами.

Системы виброзащиты. Структура систем виброударозащиты. Пассивные и активные системы виброударозащиты. Демпферы вязкого и сухого трения.

Оптимизация систем виброударозащиты. Критерии качества. Защита машин, оборудования и аппаратуры от нестационарных вибраций.

Роторы. Динамика роторных машин. Балансировка роторов. Динамика, роторов на упругих опорах. Вибрации трубопроводов, кабелей и других протяженных сетей.

**4.2.2. Практические занятия**

1.Определение собственных частот машин и конструкций.

2.Расчет переходных процессов в машинах при ударных воздействиях.

3.Исследование вынужденных колебаний машин при силовом динамическом воздействии.

4.Исследование вынужденных колебаний машин при кинематическом динамическом воздействии.

5.Расчеты уровней вибрации и шума машин.

6.Определение частотных характеристик и демпфирования систем по ее отклику на воздействие.

7.Расчет системы виброзащиты конструкции.

8.Расчет динамического гасителя колебаний.

9.Динамика вала редуктора.

10.Определение критических частот вращения роторов.

11.Расчет динамического гасителя крутильных колебаний.

12.Исследование вибраций трудопроводов.

13.Колебания автомобиля при движении по неровной дороге.
14.Динамика ременной передачи привода станка.
15.Автоколебания при механической обработке металлов.

**4.2.3. Лабораторная работы**

1.Измерение вибраций машин.
2.Измерение акустического шума машин.
3.Расчет виброзащитной системы человека-оператора.
4.Расчет виброизолятора (пружины).
5.Динамический гаситель колебаний.
6.Балансировка роторных машин.
7.Экспериментальное определение момента инерции детали.
8. Расчет сооружений на сейсмостойкость.

**4.3. Расчетно-графические работы**

1.Расчет системы виброзащиты конструкции.
2.Динамика вала редуктора.

**4.4. Курсовые проекты учебным планом не предусмотрены.**

## 5. Образовательные технологии.

Лекционные занятия проводятся в традиционной форме.

Практические и лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе с использованием интерактивных форм преподавания и текущего контроля успеваемости.

Самостоятельная работа включает выполнение расчетно-графических работ, подготовку к лабораторным и практическим занятиям, а также подготовку к зачету и экзамену.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### 6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля успеваемости используются контрольные работы, устный опрос, защита лабораторных работ и расчетно-графических работ.

### 6.2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

6.2.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать |
|---|---|

| | |
|---|---|
| ПК-1 | Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность. |

### 6.2.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

| **Показатель для ПК-1** | **Критерии оценивания** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **знать:**<br>- основные источники динамических процессов в машинах;<br>- современные методы математического и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах. | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний основных источников динамических процессов в машинах и методов моделирования динамических процессов в машинах. | Обучающийся демонстрирует неполное знание источников и методов моделирование динамических процессов в машинах. | Обучающийся демонстрирует хорошие знания источников и методов моделирование динамических процессов в машинах. | Обучающийся демонстрирует полное знание источников и методов моделирование динамических процессов в машинах. |
| **уметь:**<br>-выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих | Обучающийся не умеет выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих | Обучающийся демонстрирует неполное умение выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности. | Обучающийся демонстрирует хорошее умение выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности. | Обучающийся демонстрирует полное умение выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области динамики механических систем с использованием математических и |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| высокой степенью адекватности. | высокой степенью адекватности. | | | компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности. |
| **владеть:**<br>- навыками применения методов математического и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах | Обучающийся не владеет методами математического и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах. | Обучающийся демонстрирует неполное владение методами математического и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах. | Обучающийся демонстрирует хорошее владение методами математического и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах. | Обучающийся в полном объеме владеет методами математическог о и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах. |

## 6.3. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации

### 6.3.1. Форма промежуточной аттестации: зачет

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Динамика машин».

| Шкала оценивания | Описание |
|---|---|
| Зачтено | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, |

| | |
|---|---|
| | навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Не зачтено | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

### 6.3.2. Форма промежуточной аттестации: экзамен

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Динамика машин».

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| Отлично | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических расчетах, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |

| | |
|---|---|
| Хорошо | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует хорошее соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации |
| Удовлетворительно | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются существенные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по некоторым показателям, испытывает затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |
| Неудовлетворительно | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

### 6.4. Фонд оценочных средств

Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к данной рабочей программе.

## 7.Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Литература:

а) основная литература

1. *Вульфсон, И. И.* Динамика машин. Колебания: учебное пособие для академического бакалавриата / И. И. Вульфсон. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 275 с. — (Бакалавр. Академический курс).

URL: https://urait.ru/bcode/437899

б) дополнительная литература:

Зиомковский, В. М. Прикладная механика: учебное пособие для вузов / В. М. Зиомковский, И. В. Троицкий; под научной редакцией В. И. Вешкурцева. — Москва: Издательство Юрайт, 2019; Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. — 286 с.

URL: https://urait.ru/bcode/438147

в) Электронные образовательные ресурсы

В настоящее время разрабатывается

Операционная система Windows 7 (или ниже)
MS Office 2013 (или ниже)
Mathcad Education

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Специализированный компьютерный класс кафедры «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов» (содержит столы, стулья, маркерная доска, компьютеры с прикладным тематическим программным обеспечением, подвесной проектор с интерактивной доской, выход в сеть «Интернет»).

Учебные аудитории (содержит столы учебные со скамьями, аудиторная доска).

Лабораторная аудитория (содержит столы, стулья, меловая доска, учебная испытательная машина для проведения испытаний на растяжение/сжатие и кручение МИ-40КУ, копер маятниковый МК-300, универсальный учебный комплекс по сопротивлению материалов СМ-1, универсальный комплекс для проведения лабораторных работ СМ-2, лабораторный комплекс ЛКСМ-1К, комплекс для демонстрации механических и демпфирующих свойств пластичных материалов, устройство для наглядной демонстрации ползучести материалов WP600, машина для испытаний на усталость, комплекс для проведения лабораторных работ по курсу «устойчивость механических систем»).

**9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
2. Углубление и расширение теоретической подготовки;
3. Формирование умений использовать специальную литературу;
4. Развитие познавательных способностей студентов, самостоятельности, ответственности и организованности.

Изучение дисциплины неразрывно связано с самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических

занятиях и лабораторных работах. При этом студент сам планирует свою самостоятельную работу, что создает более благоприятную обстановку и положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины.

Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10 минут. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

## 10. Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих - лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед занятиями преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к лабораторной работе.

Цель лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам.

После каждого лекционного и лабораторного занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Зачет и экзамен по дисциплине проводится в письменной форме с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных или экзаменационных билетах. В билет вносится два теоретических и один практический вопрос из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель принимающий экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение 1.

**Структура и содержание дисциплины «Динамика машин» по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» (бакалавр)**

| № п/п | Раздел | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах | | | | | Виды самостоятельной работы студентов | | | | | Форма аттестации | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Л. | Пр. | Лаб. | СРС | КСР | К.Р. | К.П. | РГР | Реф. | К.раб. | Э | З |
| **Семестр 7** | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | Введение. Цель и задачи. Расчетные схемы. Математические модели для исследования динамики технологических систем | 1-4 | 4 | | 4 | 8 | | | | | | | | |
| 2. | Виды динамических воздействий на технологические системы. Характеристики внешних и внутренних возмущений в технологических машинах | 5-8 | 4 | | 4 | 8 | | | | | | | | |
| 3. | Вибрации и шумы. Методы измерения вибраций и шума. Влияние вибраций и шума на человека и аппаратуру. | 9-12 | 4 | | 4 | 8 | | | | + | | | | |
| 4. | Проблемы виброзащиты. Системы виброзащиты объектов. Пассивные и | 13-18 | 6 | | 6 | 12 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | активные системы виброзащиты. | | | | | | | | | | | | | |
| | Всего за 7 семестр: | | 18 | | 18 | 36 | | | | 1РГР | | | | Зач. |
| **Семестр 8** | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. | Прямые и идентификационные методы построения динамических моделей | 1-6 | 5 | 5 | 12 | 32 | | | | | | | | |
| 6. | Роторы. Динамика машин с роторами | 7-11 | 6 | 6 | 10 | 32 | | | | + | | | | |
| | Всего за 8 семестр: | | 11 | 11 | 22 | 64 | | | | 1РГР | | | Экз. | |
| | Всего за два семестра. Итого: | | 29 | 11 | 40 | 100 | | | | 2РГР | | | Экз | Зач |

Приложение 2.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 15.03.03 «Прикладная механика»

Профили: «Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности»

Формы обучения: очная

Кафедра: Динамика, прочность машин и сопротивление материалов

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

# ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# «Динамика машин»

**Составитель:** **к.т.н. Щербаков В.И.**

Москва, 2024 год

Таблица 1

# ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

| **Динамика машин** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ФГОС ВО **15.03.03 «Прикладная механика»** | | | | |
| В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **компетенции**: | | | | |
| **КОМПЕТЕНЦИИ** | | **Перечень компонентов** | **Технология формирования компетенций** | **Форма оценочного средства** |
| **индекс** | **формулировка** | | | |
| ПК-1 | Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность. | **знать:**<br>• Основные источники динамических процессов в машинах;<br>• Современные методы математического и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах<br>**уметь:**<br>• Выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области динамики механических систем с использованием математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности.<br>**владеть:**<br>• Навыками применения методов математического и компьютерного моделирования динамических процессов в машинах. | самостоятельная работа, лабораторные работы, опрос на лабораторных занятиях | РГР,<br>ЗЛР,<br>З,<br>Экз |

*Приложение 2*
*к рабочей программе*

# Перечень оценочных средств по дисциплине ***Динамика машин***

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в ФОС |
|---|---|---|---|
| 1 | Расчетно-графическая работа (РГР) | Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом. | Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы |
| 2 | Защита лабораторной работы (ЗЛР) | Средство проверки умений и навыков по использованию испытательного оборудования и измерительных приборов, обработке экспериментальных данных и их сравнению с теоретическими расчетами | Примерные вопросы для защиты лабораторных работ |
| 3 | Зачет (З) | Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «зачтено» или «не зачтено» | Примеры зачетных билетов |
| 4 | Экзамен (Экз) | Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «не удовлетворительно» | Примеры экзаменационных билетов |

## 2.Описание оценочных средств

### 2.1. Вопросы к зачету (7 семестр)

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Расчетные схемы и математические модели для исследования динамики машин.<br>2.Методы дискретизации континуальных задач динамики.<br>3.Постановка задач конечно-элементного моделирования динамики машин.<br>4.Виды внешних воздействий и их математическое представление.<br>5.Характеристики внешних динамических воздействий.<br>6.Переходные процессы в конструкциях.<br>7.Вибрации и методы их измерения. Приборы для регистрации вибрации.<br>8.Шумы и методы их измерения. Приборы для регистрации шума.<br>9.Единицы измерения вибрации и шума.<br>10.Влияние вибрации и шума на человека и окружающую среду. Экологические ограничения по шуму и вибрациям.<br>11.Задача виброзащиты.<br>12.Основные положения теории виброизоляции.<br>13.Коэффициент виброизоляции.<br>14.Динамические модели виброзащиты для решения задач во временной и частотной областях.<br>15.Статический расчет системы амортизации.<br>16.Динамический расчет системы амортизации.<br>17.Действие виброударной нагрузки на машину.<br>18.Оценка отклика объекта на действие виброударных нагрузок.<br>19.Случайные колебания систем.<br>20.Анализ отклика системы на кинематическое и сейсмическое воздействия.<br>21.Прямые и идентификационные методы построения динамических моделей машин.<br>22.Динамические модели систем с конечным числом степеней свободы.<br>23.Динамические модели систем с распределенными параметрами.<br>24.Определение параметров демпфирования экспериментальным путем.<br>25.Идентификация жесткостных характеристик системы на основе базовых экспериментов. | ПК-3, ПК-12 |

## 2.2. Вопросы к экзамену (8 семестр)

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Основные методы снижения виброакустической активности машин.<br>2.Принцип «последовательности» при разработке мероприятий по борьбе с шумом и вибрациями машин.<br>3.Системы виброзащиты машин, оборудования и аппаратуры.<br>4.Пассивная модель виброзащиты.<br>5.Активная модель виброзащиты.<br>6.Особенности нелинейного виброизолятора.<br>7.Виброизоляция при случайном воздействии.<br>8.Электрогидравлическая виброзащитная система.<br>9.Уравнение движения электрогидравлической виброзащитной системы.<br>10.Коэффициент эффективности управляемой виброзащитной системы..<br>11.Устойчивость движения управляемой виброзащитной системы.<br>12.Структурная схема управляемой виброзащитной системы..<br>13.Защита машин от нестационарных вибраций.<br>14.Пружинный динамический гаситель колебаний.<br>15.Ударные гасители колебаний.<br>16.Понятие о динамике роторных машин.<br>17.Критические частоты вращения роторов.<br>18.Балансировка жестких роторов<br>19.Особенности балансировки гибких роторов.<br>20.Понятие о динамике технологических систем<br>21.Прерывистое движение ползунка в направляющих станка.<br>22.Динамика ременной передачи привода станка.<br>23.Колебания резца при обработке металлов.<br>24.Понятие о динамике автомобиля.<br>25.Колебания в механизмах с упругими муфтами и валами.<br>26.Динамика зубчатой передачи<br>27.Динамика механической трансмиссии автомобиля.<br>28.Колебания управляемых колес автомобиля.<br>29.Понятие о динамике металлоконструкций кузова и кабины транспортной машины.<br>30.Динамика пружин. | ПК-3, ПК-12 |

### 2.3. Вопросы к коллоквиуму по курсу лабораторных работ

### 2.3.1. Лабораторная работа №1 «Измерение вибраций машин»

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Что понимается под вибрацией машин?<br>2.Назовите основные характеристики вибрации.<br>3.Что называется пороговым значением вибрации?<br>4.Что отражает единица измерения вибрации – децибел?<br>5.Расскажите о первичных преобразователях вибраций.<br>6.Каково назначение вторичных преобразователей?<br>7.Для чего используется регистрирующая аппаратура?<br>8.Из наших приборов состоит измерительная цепь для замера вибраций?<br>9.Что такое калибровка прибора? Как она проводится?<br>10.Изложите порядок проведения измерений вибраций. | ПК-3, ПК-12 |

### 2.3.2. Лабораторная работа №2 «Измерение акустического шума машин»

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Что понимается под акустическим шумом машин?<br>2.Назовите основные характеристики шума.<br>3.Что называется порогом слышимости?<br>4.Что отражает единица измерения шума-децибел?<br>5.Запишите формулу для нахождения суммарного уровня шума от нескольких источников.<br>6.Какие Вы знаете характеристики фильтров коррекции шумомеров?<br>7.Как нормируется шум на транспорте и в машиностроении?<br>8.Из каких приборов состоит измерительная цепь для замера шума?<br>9.Какие помехи могут быть при замере шума?<br>10.Для чего применяют интенсиметры?<br>11.Что такое калибровка прибора? Как она проводится?<br>12.Изложите порядок проведения измерений шума. | ПК-3, ПК-12 |

### 2.3.3. Лабораторная работа №3 «Расчет виброзащитной системы человека-оператора»

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Запишите уравнение движения системы-сидения оператора на вибрирующем основании.<br>2.Что называется коэффициентом виброизоляции?<br>3.Приведите график зависимости коэффициента виброизоляции от частоты вибрации основания.<br>4.Как влияют потери (вязкое трение) на коэффициент виброизоляции? | ПК-3, ПК-12 |

### 2.3.4. Лабораторная работа №4 «Расчет виброизолятора (пружины)»

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Что называется пассивной системой виброзащиты?<br>2.Задачи виброзащиты систем.<br>3.Изобразите амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики объекта защиты от вибраций.<br>4.Что понимают под коэффициентом динамичности?<br>5.Как подбирается жесткость виброизолятора? | ПК-3, ПК-12 |

### 2.3.5. Лабораторная работа «Динамический гаситель колебаний»

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Что называется динамическим виброгасителем?<br>2.Запишите уравнение движения системы с динамическим виброгасителем.<br>3.Как подбираются оптимальные параметры динамического виброгасителя? | ПК-3, ПК-12 |

### 2.3.6. Лабораторная работа №6 «Балансировка роторных машин»

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Что такое ротор?<br>2.В чем состоит статическая балансировка?<br>3.В чем состоит динамическая балансировка | ПК-3, ПК-12 |

### 2.3.7. Лабораторная работа №7 «Экспериментальное определение момента инерции детали»

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Что такое физический маятник?<br>2.От чего зависит период колебаний физического маятника?<br>3.Запишите уравнение движения физического маятника.<br>4.Что такое приведенная длина физического маятника?<br>5.При каком условии колебания физического маятника можно считать гармоническим?<br>6.Вычислите период колебаний диска и кольца, подвешенных на оси, приходящей через окружность.<br>7.Сформулируйте теорему Штейнера и запишите ее формулу.<br>8.Выведите формулы периода колебаний физического маятника для стержня, диска. | ПК-3, ПК-12 |

### 2.3.8. Лабораторная работа №8 «Расчет сооружений на сеймостойкость»

| Вопрос | Код компетенции |
|---|---|
| 1.Что понимается под коэффициентом сейсмичности?<br>2.Запишите уравнение движения стойки с грузом при горизонтальном кинематическом воздействии на опору.<br>3.Как производится расчет по акселерограммом?<br>4.Как производится расчет по спектральным кривым? | ПК-3, ПК-12 |

## 2.4. Тематика расчетно-графических работ

Для оценки компетенций ПК-3 и ПК-12 предусмотрены две расчетно-графические работы:

РГР №1 «Расчет системы виброзащиты конструкции»

Задание на выполнение работы

Абсолютно жесткая конструкция, состоящая из равномерно распределенной по объему массы интенсивностью m и четырех сосредоточенных масс с заданными координатами центров тяжести, подвергается кинематическому воздействию $\zeta(t)$ от жесткого вибрирующего основания. Система подвески конструкции состоит из четырех линейных виброизоляторов, установленных по углам днища.

Требуется:

1) найти координату центра тяжести конструкции;
2) определить наибольшее допустимое значение суммарной жесткости подвески из условия не превышения амплитудой ускорений конструкции допускаемой величины 4,9 м/с$^2$ при детерминированном гармоническом воздействии $\zeta=\zeta_0 \sin\omega t$, где $\zeta_0=2{,}5*10^{-3}$м, $\omega=160$ 1/с, для двух вариантов системы виброзащиты:
   - система без демпфирования;
   - система с демпфированием (декремент колебаний $\delta=\ln 2=0{,}693$);
3) для вышеуказанных двух вариантов найти собственные частоты, максимальные смещения и максимальные ускорения конструкции;
4) назначить жесткость виброизоляторов;
5) определить реакцию системы на однократное воздействие ударного импульса;
6) найти статические характеристики смещений, скоростей и ускорений конструкции при заданном случайном стационарном воздействии;
7) оценить вероятность превышения смещениями и ускорениями конструкции заданных уровней за заданное время t часов при случайном стационарном воздействии.

РГР №2 «Динамика вала редуктора»

Задание на выполнение работы

Вал редуктора с круглым поперечным сечением диаметра d вращается с постоянной частотой n. На вал насажены диски массами $m_1$,$m_2$ с эксцентриситетами $\varepsilon_1$ и $\varepsilon_2$ лежащими в одной плоскости. Массой вала, потерями и гироскопическими моментами пренебречь.

Требуется:

1) записать уравнения малых вынужденных колебаний вала с дисками;
2) определить частоты собственных колебаний и соответствующие им критические скорости вращения вала;
3) вывести формулы для прогибов вала в местах размещения дисков в зависимости от угловой скорости вращения. Построить АЧХ системы.

Вычислить амплитуды смещений дисков при рабочей скорости вращения вала и наибольшие напряжения от изгиба в опасном поперечном сечении вала.

## Пример зачетного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Динамика машин
Направление 15.03.03 «Прикладная механика»
Курс 4, семестр 7

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 7.**

1. Расчетные схемы и математические модели для исследования динамики машин.
2. Идентификация жесткостных характеристик системы на основе базовых экспериментов.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры « » _____ 202_ г., протокол № ___.

Зав. кафедрой _____ /А.А.Скворцов/

---

## Пример экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Динамика машин
Направление 15.03.03 «Прикладная механика»
Курс 4, семестр 8

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17.**

1. Структурная схема управляемой виброзащитной системы.
2. Понятие о динамике автомобиля.
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры « » _____ 202_ г., протокол № ___.

Зав. кафедрой _____ /А.А.Скворцов/

---