



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 728

Составитель (и):

кандидат технических наук, Доцент

\_\_\_\_\_

Шарапин Игорь  
Александрович

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой машиноведения

\_\_\_\_\_

Марковец Алексей  
Владимирович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Марковец Алексей  
Владимирович

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области теории колебаний применительно к решению задач повышения надёжности, долговечности и увеличения производительности современного технологического оборудования.

### 1.2 Задачи дисциплины:

Ознакомить с общими теоретическими закономерностями колебательных процессов различного физического происхождения;

Выявить связи между уровнем колебаний и проблемой обеспечения надёжности и долговечности современных машин и приборов;

Показать способы составления динамических моделей и их математического описания.

Предоставить обучающимся возможности для формирования умений и навыков расчёта типовых колебательных режимов и способов их подавления.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Детали машин

Теория механизмов и машин

Теоретическая механика

Системы компьютерной математики

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-2: Способен организовывать контроль выполнения подготовительных мероприятий перед началом монтажа технического устройства (системы вертикального транспорта)</b>
<b>Знать:</b> принципы расчета типовых колебательных процессов приводов вертикального транспорта
<b>Уметь:</b> пользоваться компьютерными методами расчета вибрационных характеристик приводов вертикального транспорта
<b>Владеть:</b> навыками компьютерного моделирования колебательных процессов приводов вертикального транспорта

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Динамические модели механических систем	3				
Тема 1. Общие сведения о механических колебаниях. Этапы динамического расчета. Классификация механических колебаний. Исходные предпосылки и принципы при составлении динамической модели.		0,5		14	ГД
Тема 2. Характеристики элементов динамических моделей. Приведение инерционных характеристик. Характеристики упругих и диссипативных элементов и их приведение. Программное движение звеньев механизмов Практическое занятие: Разработка динамических моделей приводов машин		1	1	14	
Раздел 2. Математические модели механических систем					
Тема 3. Некоторые сведения из аналитической механики применительно к задачам колебаний механизмов и машин		0,5		14	
Тема 4. Составление системы дифференциальных уравнений на базе уравнения Лагранжа второго рода и квадратичных форм. Составление систем дифференциальных уравнений с помощью обратного способа. Практическое занятие: Разработка математических моделей приводов машин		2	2	15	ГД
Раздел 3. Анализ колебаний механических систем. Виброзащита					
Тема 5. Свободные колебания линейных систем. Свободные колебания системы с одной и двумя степенями свободы. Влияние сил сопротивления на свободные колебания. Определение собственных частот и форм колебаний линейных систем. Практическое занятие: Свободные колебания линейных систем		2	6	15	
Тема 6. Вынужденные колебания линейных систем. Построение общего решения при гармонической вынуждающей силе. Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы при гармонической вынуждающей силе. Влияние линейной силы сопротивления на вынужденные колебания. Исследование амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик. Кинематическое возмущение Практическое занятие: Вынужденные колебания линейных систем	1	6	15	ГД	

Тема 7. Виброзащита. Общие сведения. Уменьшение вынуждающих сил (снижение внешней виброактивности). Рациональный выбор параметров системы (снижение внутренней виброактивности). Виброизоляция. Динамическое гашение и динамическая разгрузка. Практическое занятие: Расчет параметров упругого основания при виброизоляции привода машины	1	1	15	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	8	16	102	
Консультации и промежуточная аттестация (Курсовая работа, Экзамен)	4,5		13,5	
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	28,5		115,5	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Цель: привить навыки расчетов колебаний и практического применения современных методов анализа колебательных систем; закрепить и развить понимание основных закономерностей колебательных явлений, сформированных при изложении лекционного курса.

Задачи работы:

- разработка динамической и математической модели привода машины;
- расчет собственных частот и форм колебаний привода машины;
- расчет амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик привода
- расчет виброизоляции машины.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** Расчет колебательной системы привода машины (по вариантам)

**4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):**

Курсовая работа выполняется в виде пояснительной записки, содержащей титульный лист, бланк задания, содержание, введение, основную часть, заключения, список использованных источников, приложения. Основная часть пояснительной записки должна содержать следующие разделы: разработка динамической модели привода; разработка математической модели привода; частотный анализ крутильных колебаний привода; анализ вынужденных колебаний привода; виброизоляция машины. В приложение включаются результаты расчетов. Объем пояснительной записки 20-25 стр.

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

**5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения**

**5.1.1 Показатели оценивания**

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-2	Формулирует основные положения теории колебаний применительно к расчетам узлов машин вертикального транспорта Определяет характеристики типовых колебательных процессов узлов вертикального транспорта Приводит результаты расчетов типовых колебательных процессов привода машин вертикального транспорта	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа

**5.1.2 Система и критерии оценивания**

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	Критическое и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
4 (хорошо)	Ответ полный, основанный на	Все заданные вопросы освещены в

	<p>проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный.</p> <p>Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>необходимой полноте и с требуемым качеством. Ошибки отсутствуют. Самостоятельная работа проведена в достаточном объеме, но ограничивается только основными рекомендованными источниками информации.</p> <p>Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки или отступления от правил оформления работы. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>
3 (удовлетворительно)	<p>Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам.</p> <p>Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.</p> <p>Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>
2 (неудовлетворительно)	<p>Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки.</p> <p>Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины.</p> <p>Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки). Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы.</p> <p>Содержание работы полностью не соответствует заданию.</p> <p>Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 3	
1	Этапы динамического расчета механических систем. Классификация колебаний
2	Принципы составления динамических моделей механизмов. Число степеней свободы динамической модели
3	Характеристики инерционных элементов динамических моделей. Приведение инерционных характеристик
4	Характеристики упругих элементов динамических моделей. Приведение инерционных характеристик при параллельном и последовательном соединении
5	Параметры диссипации и их приведение. Коэффициент рассеяния. Логарифмический декремент
6	Геометрические характеристики механизма. Динамические критерии кинетостатической модели
7	Связи, реализуемые в механизмах. Обобщенные координаты. Кинетическая и потенциальная энергия. Обобщенные силы

8	Получение математической модели на базе уравнений Лагранжа второго рода (на примере механической системы с одной степенью свободы)
9	Получение математической модели системы с конечным числом степеней свободы на базе уравнения Лагранжа второго рода с использованием квадратичных форм
10	Получение систем дифференциальных уравнений с использованием обратного способа
11	Свободные колебания линейной системы с одной степенью свободы при отсутствии силы сопротивления
12	Влияние линейной силы сопротивления на свободные колебания линейной системы с одной степенью свободы
13	Влияние постоянной силы сопротивления на свободные колебания линейной системы с одной степенью свободы
14	Свободные колебания системы с двумя степенями свободы
15	Определение собственных частот и форм колебаний систем с конечным числом степеней свободы
16	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при гармонической вынуждающей силе
17	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при гармонической вынуждающей силе и линейной силе сопротивления
18	Исследование амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик
19	Вынужденные колебания системы с двумя степенями свободы при гармонической вынуждающей силе
20	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы для случая кинематического внешнего воздействия
21	Расчет вынужденных колебаний при периодической вынуждающей силе с помощью метода гармонического анализа
22	Виброизоляция: определение параметров упругого подвеса для случая одномассовой динамической модели и гармонической вынуждающей силе
23	Виброизоляция: определение параметров упругого подвеса для случая одномассовой динамической модели и изменении положения центра масс

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

- Для заданной динамической модели механической системы определить приведенный коэффициент жесткости
- Выполнить приведение инерционных характеристик для заданной механической системы
- Составить дифференциальное уравнение для заданной одномассовой динамической модели
- Составить дифференциальное уравнение для заданной двухмассовой динамической модели
- Для заданной одномассовой динамической модели определить собственную частоту и период свободных колебаний
- Для заданной одномассовой динамической модели определить амплитуду вынужденных колебаний
- Для заданной динамической модели машины на упругом основании определить силу, передающуюся на фундамент

### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  +  Письменная  +  Компьютерное тестирование  Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

При проведении экзамена время, отводимое на подготовку к ответу, составляет не более 40 мин. В это время входит подготовка ответа на теоретический вопрос и решение практической задачи. Для выполнения практической задачи обучающему необходимо иметь калькулятор.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				

Вульфсон И. И., Шарапин И. А., Преображенская М. В.	Расчет колебаний привода машины. Издание 2-ое, переработанное и дополненное	СПб.: СПбГУПТД	2013	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1262">http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=1262</a>
Вульфсон И. И., Преображенская М. В.	Колебания в цикловых механизмах	СПб.: СПбГУПТД	2013	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1270">http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=1270</a>
Вульфсон И. И., Грибкова Т. С.	Теория колебаний. Курсовая работа	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2020	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2020289">http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=2020289</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Вульфсон И. И., Шарапин И. А.	Теория колебаний. Виброизоляция машин	СПб.: СПбГУПТД	2017	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017667">http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=2017667</a>
Вульфсон И. И., Грибкова Т. С., Преображенская М. В.	Механика машин и теория колебаний. Методика решения типовых задач по теории колебаний	СПб.: СПбГУПТД	2016	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3137">http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=3137</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

Информационно-справочная система документации MATLAB на русском языке [Электронный ресурс].  
URL: <https://docs.exponenta.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Office Standart Russian Open No Level Academic

Microsoft Windows Home Russian Open No Level Academic Legalization Get Genuine (GGK) + Microsoft  
Windows Professional (Pro – профессиональная) Russian Upgrade Open No Level Academic

Octave

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Пакет обновления

КОМПАС-3D

MATLAB

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду