

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по
УР

А.Е. Рудин

« 28 » июня 2022 года

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.04 Теория колебаний

Учебный план: 2022-2023 15.03.02 ИИТА КИТМ ЗАО №1-3-148.plx

Кафедра: **28** Машиноведения

Направление подготовки:
(специальность) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Компьютерный инжиниринг технологических машин
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия					
3	УП	8	16	102	18	4	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	8	16	102	18	4	
Итого	УП	8	16	102	18	4	
	РПД	8	16	102	18	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.08.2021 г. № 728

Составитель (и):

кандидат технических наук, Доцент

Шарапин
Александрович

Игорь

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой машиноведения

Марковец Алексей
Владимирович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Марковец Алексей
Владимирович

Методический отдел: Макаренко С.В.

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

Системы компьютерной математики

Теоретическая механика

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1: Способен осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в области компьютерного инжиниринга технологических машин

Знать: алгоритм и особенности составления динамических моделей приводов машин для различного количества степеней их свободы; методы решения систем дифференциальных уравнений разной степени сложности с получением конечных результатов; способы виброзащиты объектов исследований
--

Уметь: выполнять расчеты и определять соответствие полученных результатов возможностям исследуемой реальной механической системы; влиять на физические характеристики машины с целью её отстройки (настройки) на требуемый вибродинамический режим работы
--

Владеть: навыками получения и анализа информации для выполнения динамических расчётов машин и механизмов; кругозором в области анализа динамических систем с целью получения заданных технических характеристик оборудования

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 механических систем		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 механических систем		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 при виброизоляции	1	1	15	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	8	16	102	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		4,5	13,5	
Всего контактная работа и СР по дисциплине		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-1	<p>Характеризует последовательность и содержание этапов разработки динамической модели привода машины с учетом цели исследования; объясняет методику исследований уравнений математической модели механической системы; называет способы уменьшения (устранения) нежелательных колебательных режимов работы привода машины</p> <p>Выполняет частотный и модальный анализ анализируемой механической системы с использованием типовых методов расчета, интерпретирует полученные результаты вычислений; дает инженерные рекомендации по выбору параметров (частотный диапазон, упруго-диссипативные характеристики) привода машины на основе анализа результатов динамического расчета</p> <p>Разрабатывает динамическую и математическую модель привода машины с учетом цели исследования и конструктивных особенностей; анализирует с использованием типовых методов теории колебаний режимы работы привода и дает инженерные</p>	<p>Вопросы устного собеседования</p> <p>Практико-ориентированные задания</p> <p>Курсовая работа</p>

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>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.</p>	<p>Критическое и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям.</p>
4 (хорошо)	<p>Ответ полный, основанный на 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>Все заданные вопросы освещены в 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.</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.</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.</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 кинестатической 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 силы
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
6.1.1 Основная учебная литература				
Вульфсон И. И., Шарапин И. А., Преображенская М. В.	Расчет колебаний привода машины. Издание 2-ое, переработанное и дополненное	СПб.: СПбГУПТД	2013	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1262
Вульфсон И. И., Преображенская М. В.	Колебания в цикловых механизмах	СПб.: СПбГУПТД	2013	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1270
Вульфсон И. И., Грибкова Т. С.	Теория колебаний. Курсовая работа	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2020	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2020289
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Вульфсон И. И., Грибкова Т. С., Преображенская М. В.	Механика машин и теория колебаний. Методика решения типовых задач по теории колебаний	СПб.: СПбГУПТД	2016	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3137
Вульфсон И. И., Шарапин И. А.	Теория колебаний. Виброизоляция машин	СПб.: СПбГУПТД	2017	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017667

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