

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 ОО №1-1-148.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: очная

План учебного процесса

| Семестр (курс для ЗАО) | | Контактная работа обучающихся | | Сам. работа | Контроль, час. | Трудоём- кость, ЗЕТ | Форма промежуточной аттестации |
|---------------------------|-----|----------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| | | Лекции | Практ. занятия | | | | |
| 5 | УП | 17 | 34 | 64 | 29 | 4 | Экзамен, Курсовая работа |
| | РПД | 17 | 34 | 64 | 29 | 4 | |
| Итого | УП | 17 | 34 | 64 | 29 | 4 | |
| | РПД | 17 | 34 | 64 | 29 | 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 надежности 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

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 | Форма текущего контроля |
|---|---------------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
| | | Лек. (часы) | Пр. (часы) | | | |
| Раздел 1. Динамические модели механических систем | 5 | | | | | О |
| Тема 1. Общие сведения о механических колебаниях. Этапы динамического расчета. Классификация механических колебаний. Исходные предпосылки и принципы при составлении динамической модели. | | 2 | | 9 | 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 | | 2 | 2 | 9 | | |
| Раздел 2. Математические модели механических систем | | | | | | |
| Тема 3. Некоторые сведения из аналитической механики применительно к задачам колебаний механизмов и машин | | 1 | | 9 | | |
| 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 | 4 | 9 | 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 | | 4 | 12 | 9 | | |
| 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 | | 4 | 14 | 9 | 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 | 2 | 2 | 10 | | |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО) | 17 | 34 | 64 | | |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа) | 4,5 | | 24,5 | | |
| Всего контактная работа и СР по дисциплине | 55,5 | | 88,5 | | |

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 |
|-----------|-----------------------|
| Семестр 5 | |

| | |
|----|---|
| 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., Грибкова Т. С. | Теория колебаний. Курсовая работа | Санкт-Петербург: СПбГУПТД | 2020 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2020289 |
| 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., 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 |
| 6.1.2 Дополнительная учебная литература | | | | |
| Вульфсон И. И., Шарапин И. А. | Теория колебаний. Виброизоляция машин | СПб.: СПбГУПТД | 2017 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017667 |
| 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 |

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 |