

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по
УР

А.Е. Рудин

« 28 » июня 2022 года

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.10

Динамика узлов и механизмов машин

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 | | | | |
| 4 | УП | 8 | 12 | 106 | 18 | 4 | Экзамен, Курсовая работа |
| | РПД | 8 | 12 | 106 | 18 | 4 | |
| Итого | УП | 8 | 12 | 106 | 18 | 4 | |
| | РПД | 8 | 12 | 106 | 18 | 4 | |

Санкт-Петербург
2022

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):

доктор технических наук, Профессор

Марковец Алексей
Владимирович

кандидат технических наук, Доцент

Мартынчик Ксения
Игоревна

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 анализа динамики узлов и механизмов технологических машин, совершенствования конструкций проектируемого оборудования, снижения виброактивности, уменьшения динамических нагрузок, повышения надежности и долговечности работы.

1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть причины, вызывающие рост колебаний узлов и механизмов машин, появление резонансов

Раскрыть принципы аналитического и численного решения задач динамического анализа технологических машин

Показать пути снижения нежелательных колебательных явлений и динамических нагрузок на стадии проектирования, модернизации, изготовления и монтажа технологического оборудования

Предоставить обучающимся возможности для формирования умений и навыков в области анализа динамики машин, виброзащиты и динамического гашения колебаний

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Теоретическая механика

Сопrotивление материалов

Системы компьютерной математики

Теория механизмов и машин

Теория колебаний

Детали машин

Математические модели узлов технологических машин

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: методы теоретических исследований динамики технических систем и методы снижения виброактивности механизмов

Уметь: оценивать динамические характеристики механизмов

Владеть: навыками обработки результатов теоретического исследования динамики технологических машин

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. Динамика быстровращающихся роторных узлов | 4 | | | | |
| Тема 1. Динамическая и математическая модели жесткого ротора в упругих опорах. Исследование математической модели ротора. Критические частоты. Амплитудно-частотные характеристики. Анализ возможности появления параметрических резонансных колебательных режимов из-за анизотропии упругих опор ротора. Снижение виброактивности ротора (инженерные рекомендации) Практическое занятие: Динамическая и математическая модели ротора в упругих опорах | | 2 | 2 | 16 | ГД |
| Тема 2. Балансировка роторов машин, общие положения. Допустимые дисбалансы по различным нормам и стандартам. Классы точности балансировки роторов в зависимости от типа машин, места установки. Статическая балансировка роторов. Динамическая балансировка роторов. Применяемое для этой цели оборудование (на примере балансировки жестких роторов). Практическое занятие: Динамическая и математическая модели ротора в упругих опорах | | 1 | 2 | 15 | |
| Раздел 2. Снижение виброактивности механизмов. Динамическое гашение колебаний | | | | | |
| Тема 3. Основные типы конструкций разгружающих устройств и их применение в технологическом оборудовании. Анализ работы разгружающих устройств, устанавливаемых между: выходным звеном – стойкой, приводом – стойкой, приводом – выходным звеном механизма. Практическое занятие: Динамическая разгрузка | | 1 | 1 | 15 | |
| Тема 4. Принципы динамического гашения колебаний. Пружинные одномассовые инерционные динамические гасители колебаний. Катковые инерционные динамические гасители колебаний. Маятниковые инерционные динамические гасители колебаний. Поглотители колебаний с вязким трением. Практическое занятие: Динамическое гашение колебаний | 2 | 2 | 15 | ГД | |
| Раздел 3. Защита оборудования (фундаментов) от кинематических (силовых) внешних воздействий | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|------|----|-------|----|
| Тема 5. Статический расчет и статическое выравнивание оборудования на виброизоляторах Практическое занятие: Виброизоляция | | 0,5 | 2 | 15 | |
| Тема 6. Динамический расчет системы виброизоляции. Принцип мягкой подвески | | 0,5 | 2 | 15 | |
| Тема 7. Оптимальный синтез линейного виброизолятора на примере математических моделей защищаемых объектов с одной степенью свободы Практическое занятие: Виброизоляция | | 1 | 1 | 15 | ГД |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО) | | 8 | 12 | 106 | |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа) | | 4,5 | | 13,5 | |
| Всего контактная работа и СР по дисциплине | | 24,5 | | 119,5 | |

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Целью курсовой работы является развитие и закрепление теоретических знаний и практических навыков исследования динамики узлов машин и механизмов по математическим моделям с широким использованием возможностей современных ЭВМ.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): В курсовой работе проводится изучение проблемы виброзащиты объекта с двумя степенями свободы, для которого необходимо рассчитать параметры инерционного динамического гасителя колебаний и выполнить статический расчет системы виброизоляции.

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

Работа выполняется индивидуально с использованием ЭВМ.

Результаты представляются в виде пояснительной записки объемом 20–25 листов формата А4, содержащей следующие обязательные элементы:

Титульный лист.

Задание на курсовую работу, подписанное руководителем, исполнителем и утвержденное заведующим кафедрой.

Введение.

Разработка динамической модели.

Разработка алгоритма и программы на ЭВМ.

Исследование динамики по разработанной программе с получением результатов счета в виде таблиц и графиков.

Анализ результатов счета и выводы.

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 | Раскрывает особенности динамического анализа быстровращающихся роторных узлов машин; описывает принципы виброзащиты оборудования | Вопросы устного собеседования |
| | Выполняет частотный и модальный анализ динамических систем, определяет критические частоты роторных узлов, исследует амплитудно-частотные характеристики механических систем | Практико-ориентированные задания |
| | Разрабатывает алгоритмы и программы для исследования динамики узлов машин и механизмов, оформляет результаты исследований | 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 | Критическое и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной |

| | | |
|-------------------------|--|--|
| | оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра. | самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям. |
| 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 4 | |
| 1 | Структура машины и машинного агрегата. |
| 2 | Динамическая и математическая модели жесткого ротора в упругих опорах. |
| 3 | Критические частоты. |
| 4 | Амплитудно-частотная характеристика ротора, самоцентрирование. |
| 5 | Типы неуравновешенности ротора, виды балансировки жесткого ротора в упругих опорах. |

| | |
|----|---|
| 6 | Статическая и динамическая балансировка ротора. |
| 7 | Основные типы конструкций разгружающих устройств; способы установки. |
| 8 | Анализ работы разгружающих устройств, установленных между: выходным звеном – стойкой; приводом – стойкой; приводом – выходным звеном. |
| 9 | Динамическое гашение колебаний. |
| 10 | Пружинные одномассовые инерционные динамические гасители колебаний. |
| 11 | Катковые инерционные динамические гасители колебаний. |
| 12 | Маятниковые инерционные динамические гасители колебаний. |
| 13 | Поглотители колебаний с вязким трением. Их конструктивные схемы. |
| 14 | Основные понятия и определения теории виброзащиты. |
| 15 | Статический расчет и выравниванием защищаемого объекта относительно фундамента. |
| 16 | Динамический расчет системы амортизации защищаемого объекта относительно фундамента. |
| 17 | Оптимальный синтез линейного амортизатора; принцип мягкой подвески. |

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. На гибкий стальной вал диаметром d , длиной $2L$ насажен диск диаметром B и толщиной h . Центр тяжести диска расположен на расстоянии e от оси вращения вала. Определить критическую скорость вала и наибольшие напряжения в нем при ω_1 . Массой вала пренебречь.

2. Для заданной одномассовой механической системы вывести уравнение движения для случая силового внешнего воздействия

3. Машина вращательного движения установлена через систему пружин и демпферов. Задана масса машины, неуравновешенность, угловая скорость. Выбрать жесткость пружин и коэффициенты демпфирования, если амплитуда колебаний машины не должна превышать заданного значения, а на фундамент передавалась бы минимальная сила.

4. Необходимо изолировать прибор массой 20 кг. от вибраций, вызываемых работой двигателя, вращающегося со скоростью 1800-2400 об/мин. Пренебрегая демпфированием, подобрать жесткость пружин для монтажа прибора так, чтобы коэффициент передачи сил был меньше 0,2.

5. Разработать алгоритм и программу численного моделирования движения механической системы по заданному дифференциальному уравнению

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

В процессе сдачи экзамена студент устно отвечает на два вопроса и решает задачу. Время на подготовку ответов на вопросы и решение задачи не превышает 40 минут. Не допускается использование текстов лекций и справочных материалов.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

| Автор | Заглавие | Издательство | Год издания | Ссылка |
|--|--|---------------------------|-------------|---|
| 6.1.1 Основная учебная литература | | | | |
| Мазин Л. С., Марковец А. В. | Математические модели узлов машин и механизмов как объектов управления | Санкт-Петербург: СПбГУПТД | 2020 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2020288 |
| Вульфсон И. И., Преображенская М. В. | Колебания в цикловых механизмах | СПб.: СПбГУПТД | 2013 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1270 |
| 6.1.2 Дополнительная учебная литература | | | | |

| | | | | |
|--|---|---|------|---|
| Цупров, А. Н. | Сборник задач по динамике машин | Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ | 2014 | https://www.iprbooks.hop.ru/55655.html |
| Беспалова И. М., Белоусова К. И., Гренишина Н. А., Мазина Л. С. | Динамика узлов и механизмов машин. Курсовая работа | СПб.: СПбГУПТД | 2013 | http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1336 |

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Реферативная и справочная база данных рецензируемой литературы Scopus [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scopus.com>

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 Корпоративный справочник Материалы и Сортаменты

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