

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

«21» февраля 2023 года

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.10

Динамика узлов и механизмов машин

Учебный план: 2023-2024 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.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
7	УП	34	34	47	29	4	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	34	34	47	29	4	
Итого	УП	34	34	47	29	4	
	РПД	34	34	47	29	4	

Санкт-Петербург
2023

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 Минобрнауки России 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

Соппротивление 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	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Динамика быстровращающихся роторных узлов	7					
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		6	6	8	ГД	О
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		6	6	8		
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.		4	6	8		О
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	4	6	8	ГД		
Раздел 3. Защита оборудования (фундаментов) от кинематических (силовых) внешних воздействий						О

Тема 5. Статический расчет и статическое выравнивание оборудования на виброизоляторах Практическое занятие: Виброизоляция		4	2	5		
Тема 6. Динамический расчет системы виброизоляции. Принцип мягкой подвески		6	4	5		
Тема 7. Оптимальный синтез линейного виброизолятора на примере математических моделей защищаемых объектов с одной степенью свободы Практическое занятие: Виброизоляция		4	4	5	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	34	47		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		4,5		24,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		72,5		71,5		

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
Семестр 7	
1	Статический расчет и выравниванием защищаемого объекта относительно фундамента.
2	Динамический расчет системы амортизации защищаемого объекта относительно фундамента.
3	Оптимальный синтез линейного амортизатора; принцип мягкой подвески.
4	Основные понятия и определения теории виброзащиты.
5	Поглотители колебаний с вязким трением. Их конструктивные схемы.

6	Маятниковые инерционные динамические гасители колебаний.
7	Катковые инерционные динамические гасители колебаний.
8	Пружинные одномассовые инерционные динамические гасители колебаний.
9	Динамическое гашение колебаний.
10	Анализ работы разгружающих устройств, установленных между: выходным звеном – стойкой; приводом – стойкой; приводом – выходным звеном.
11	Основные типы конструкций разгружающих устройств; способы установки.
12	Статическая и динамическая балансировка ротора.
13	Типы неуравновешенности ротора, виды балансировки жесткого ротора в упругих опорах.
14	Амплитудно-частотная характеристика ротора, самоцентрирование.
15	Критические частоты.
16	Динамическая и математическая модели жесткого ротора в упругих опорах.
17	Структура машины и машинного агрегата.

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., Машина 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