

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по
УР

А.Е. Рудин

« 28 » июня 2022 года

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.07

Нелинейные задачи динамики машин

Учебный план: 2022-2023 15.04.02 ИИТА КИТМ ОО №2-1-87.plx

Кафедра: **28** Машиноведения

Направление подготовки:
(специальность) 15.04.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Компьютерный инжиниринг технологических машин
(специализация)

Уровень образования: магистратура

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				
3	УП	17	17	71,75	2,25	3	Зачет, Курсовая работа
	РПД	17	17	71,75	2,25	3	
Итого	УП	17	17	71,75	2,25	3	
	РПД	17	17	71,75	2,25	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 14.08.2020 г. № 1026

Составитель (и):

кандидат технических наук, Профессор

Марковец Алексей
Владимирович

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 нелинейных задач динамики машин

1.2 Задачи дисциплины:

- Показать значение исследования и решения задач нелинейной динамики машин в процессе проектирования.

- Научить разрабатывать динамические и математические модели машин и механизмов с учетом входящих в них нелинейных элементов.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Математическое моделирование

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1: Способен сопровождать жизненный цикл продукции машиностроения
--

Знать: Аналитические и численные методы решения нелинейных задач динамики машин
--

Уметь: Выбирать и применять аналитические и численные методы решения математических моделей, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями применительно к задачам динамики машин
--

Владеть: Навыками получения аналитического и численного решения нелинейных математических моделей, описывающих динамику машин, узлов и механизмов
--

ПК-3: Способен организовывать техническое и методическое руководство проектированием продукции (услуг)

Знать: Принципы разработки динамических и математических моделей узлов и механизмов технологических машин с учетом нелинейных эффектов (звеньев)

Уметь: Разрабатывать динамические и математические модели узлов и механизмов технологических машин с учетом нелинейных эффектов (звеньев)
--

Владеть: Навыками построения динамических моделей и получения соответствующих им математических моделей узлов и механизмов технологических машин при учете нелинейных явлений (звеньев)
--

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. Основы нелинейной механики	3					О
Тема 1. Введение. Основные понятия и определения нелинейной механики		1		10		
Тема 2. Типы нелинейностей, причины их возникновения. Способы описания нелинейных характеристик упругих, диссипативных элементов. Нелинейность рабочих характеристик двигателя и машины, функции положения механизма.		1		10	ГД	
Раздел 2. Методы определения периодических решений						О
Тема 3. Фазовая плоскость. Особые точки линейных и нелинейных систем. Аналитические методы построения фазовой плоскости. Методы построения фазовой плоскости с применением компьютерных методов расчета. Практическое занятие: построение фазовой плоскости		2	2	10		
Тема 4. Методы определения периодических решений механических систем, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями. Метод припасовывания решений. Метод гармонического баланса. Метод гармонической линеаризации. Практическое занятие: определение периодического решения нелинейной математической модели механической системы с одной степенью свободы		5	3	10		
Раздел 3. Анализ нелинейных систем с одной степенью свободы						О
Тема 5. Вынужденные колебания при гармоническом вибрационном воздействии и силе сопротивления, пропорциональной скорости. Дифференциальное уравнение механической системы с нелинейной упругой характеристикой. Анализ периодических решений методом гармонической линеаризации. построение АЧХ системы. Практическое занятие: исследование вынужденных колебаний механической системы с одной степенью подвижности при нелинейной упругой характеристике.	2	3	7	ГД		

Тема 6. Вынужденные колебания при гармоническом вибратционном воздействии и силе сухого трения. Дифференциальное уравнение механической системы при учете сухого трения. Анализ периодических решений методом гармонической линеаризации. построение АЧХ системы. Практическое занятие: исследование вынужденных колебаний механической системы с одной степенью подвижности при учете силы сухого трения.	2	3	8,25	ГД
Тема 7. Вынужденные колебания в системе с внутренним трением. Дифференциальное уравнение механической системы с вязким трением. Анализ периодических решений методом гармонической линеаризации. построение АЧХ системы. Практическое занятие: исследование вынужденных колебаний механической системы с одной степенью подвижности с вязким трением.	2	3	8,25	ГД
Тема 8. Резонансы дробного порядка в виброзащитных системах. Субгармонический резонанс. Автоколебания. Практическое занятие: Исследование субгармонических резонансов механической системы	2	3	8,25	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	71,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет, Курсовая работа)	2,25			
Всего контактная работа и СР по дисциплине	36,25		71,75	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Закрепление навыков студентов по исследованию нелинейных математических моделей, соответствующих узлам и механизмам машин отрасли, аналитически и на ЭВМ

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): Темы курсового проектирования связаны с научно-исследовательской работой студента, выполняемой им под руководством преподавателя в течение обучения

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):
Работа выполняется индивидуально, с использованием ЭВМ.
Результаты представляются в виде пояснительной записки, объемом 24–30 листов формата А4, содержащего следующие обязательные элементы:

- введение;
- динамическая модель нелинейной механической системы;
- математическая модель нелинейной механической системы;
- определение периодического решения математической модели нелинейной механической системы;
- компьютерное моделирование колебаний нелинейной механической системы;
- заключение;
- список использованных источников;
- Приложение

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-3	Называет причины возникновения нелинейных явлений в машинах; описывает характеристики нелинейных элементов (звеньев);	Вопросы устного собеседования

	<p>называет принципы построения динамических моделей машин и механизмов, с учетом нелинейных элементов (звеньев); раскрывает методы получения математической модели механической системы по ее динамической модели при учете нелинейных элементов (звеньев).</p> <p>Выполняет построение и дает описание динамической модели механической системы, содержащей нелинейные звенья; записывает математическую модель исследуемой механической системы, соответствующей динамической модели с учетом нелинейных звеньев.</p> <p>Получает динамическую и математическую модели нелинейной механической системы применительно к целям исследования узлов и механизмов технологических машин.</p>	<p>Практико-ориентированные задания</p> <p>Курсовая работа</p>
ПК-1	<p>Характеризует приближенные аналитические методы определения периодических решений нелинейных дифференциальных уравнений применительно к задачам исследования нелинейной динамики машин; воспроизводит алгоритмы численного решения задач нелинейной динамики машин.</p> <p>Объясняет особенности реализации аналитических и численных методов поиска периодических решений нелинейных дифференциальных уравнений применительно к задачам динамики машин.</p> <p>Решает с использованием аналитического аппарата и возможностей современных ЭВМ нелинейные математические модели, соответствующие динамическим моделям узлов машин и механизмов; анализирует получаемые решения; оценивает точность полученных решений</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)		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)		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. Или. Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки или отступления от правил оформления работы. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
3 (удовлетворительно)		Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием. Или. Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
2 (неудовлетворительно)		Отсутствие одного или нескольких

		<p>обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы.</p> <p>Или.</p> <p>Содержание работы полностью не соответствует заданию.</p> <p>Или.</p> <p>Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.</p> <p>Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>
Зачтено	Обучающийся ответил на вопросы устного собеседования, решил практические задачи, прошел интернет-тестирование, возможно допуская несущественные ошибки в ответе на вопросы преподавателя. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	Не предусмотрено
Не зачтено	Обучающийся не ответил на вопросы устного собеседования, не решил практические задачи, не прошел интернет-тестирование, допустил существенные ошибки в ответе на вопросы преподавателя. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	Не предусмотрено

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 3	
1	Автоколебания
2	Субгармонические резонансы
3	Вынужденные колебания нелинейной механической системы с одной степенью свободы при гармонической вынуждающей силе. Случай внутреннего трения
4	Вынужденные колебания нелинейной механической системы с одной степенью свободы при гармонической вынуждающей силе. Случай сухого трения
5	Вынужденные колебания нелинейной механической системы с одной степенью свободы при гармонической вынуждающей силе. Случай вязкого трения
6	Свободные колебания механической системы с нелинейной упругой характеристикой
7	Определение периодического решения нелинейного дифференциального уравнения методом гармонической линеаризации
8	Определение периодического решения нелинейного дифференциального уравнения методом гармонического баланса
9	Определение периодического решения нелинейного дифференциального уравнения методом припасовывания
10	Определение периодического решения линейного дифференциального уравнения с использованием разложения в ряд Фурье
11	Определение периодического решения линейного дифференциального уравнения на базе замкнутой формы решения
12	Фазовые портреты дифференциального уравнения второго порядка с демпфированием
13	Построение фазового портрета на примере нелинейного дифференциального уравнения Дюффинга
14	Методы фазовой плоскости: основные понятия, построение фазового портрета на примере линейного осциллятора без демпфирования
15	Представление нелинейных характеристик рабочих процессов, характеристик двигателя и функции положения при исследовании колебаний механических систем
16	Представление нелинейных упругих и диссипативных сил при исследовании колебаний механических систем
17	Причины возникновения нелинейных явлений в механических колебательных системах

18	Гармонические колебания механических систем, описываемые линейным дифференциальным уравнением
----	---

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Типовые практико-ориентированные задания находятся в Приложении к данной РГД

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

Не допускается использование текстов лекций и справочных материалов.

Время на подготовку ответа на зачете не превышает 40 мин.

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., Преображенская М. В.	Колебания в цикловых механизмах	СПб.: СПбГУПТД	2013	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1270
Красильников, П. С.	Прикладные методы исследования нелинейных колебаний	Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований	2019	http://www.iprbookshop.ru/92109.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Мазин Л.С., Марковец А.В., Мартынич К.И.	Нелинейные задачи динамики машин. Практические занятия	СПб.: СПбГУПТД	2019	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019145
Мазин Л. С., Марковец А. В., Беспалова И. М., Гренишина Н. А., Рокотов Н. В.	Нелинейные задачи динамики машин. Курсовая работа	СПб.: СПбГУПТД	2013	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1333
Мазин Л. С., Марковец А. В.	Нелинейные задачи динамики машин. Практические занятия	СПб.: СПбГУПТД	2017	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=201788

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/>

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

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Корпоративный справочник Материалы и Сортаменты

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Пакет обновления ВЕРТИКАЛЬ

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Пакет обновления КОМПАС-3D

Octave

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

Приложение

рабочей программы дисциплины

Нелинейные задачи динамики машин

наименование дисциплины

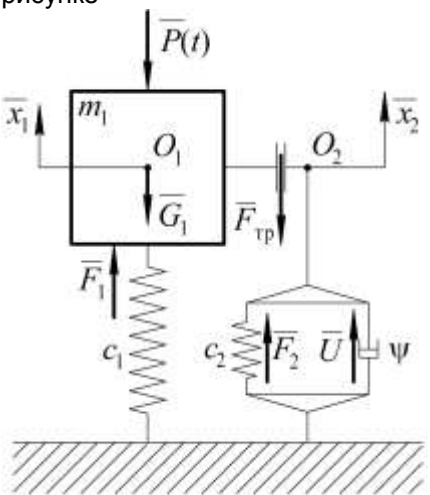
по направлению подготовки

15.04.02 – Технологические машины и оборудование

наименование ОП (профиля):

Компьютерный инжиниринг технологических машин

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

№ п/п	Условия типовых практико-ориентированных заданий (задач, кейсов)
Семестр 3	
1	<p>Составить математическую модель, соответствующую динамической модели, представленной на рисунке</p> 
2	<p>Для нелинейного элемента “сухое трение” динамической модели записать выражение нелинейной упругой характеристики</p> 