ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
ЮУрГУ
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Таран С. М.
Пользователь: taransm
Дата подписания: 16.09.2024

С. М. Таран

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.09 Цифровые двойники динамических систем
для направления 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
уровень Магистратура
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 918

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
ЮУрГУ
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Тараненко П. А.
Пользователь: taranenkopa
Дата подписания: 15.09.2024

П. А. Тараненко

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., заведующий
кафедрой

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
ЮУрГУ
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Тараненко П. А.
Пользователь: taranenkopa
Дата подписания: 15.09.2024

П. А. Тараненко

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Развитие у студентов представления о месте и роли расчетных и экспериментальных методов динамики машин при построении и анализе основных физических моделей, при проведении модальных и вибропрочностных испытаний. Приобретение опыта творческой работы по выбору адекватных расчетных схем разнообразных объектов современной техники и интерпретации их поведения. Приобретение опыта проведения экспериментов, анализа их результатов и построения компьютерных моделей, верифицированных результатами испытаний. Формирование умения комплексно решать инженерные задачи о динамике и прочности машиностроительных конструкций и изделий путем построения расчетной схемы, записи дифференциальных уравнений движения, выбора метода решения, последующего анализа результатов расчета, экспериментальной оценки динамических характеристик, оценки прочности конструкции и выработки практических рекомендаций. Достижение этих целей позволит выпускнику оценивать прочность машиностроительных конструкций при вибрационных воздействиях и строить адекватные динамические модели механических систем.

Краткое содержание дисциплины

Основные задачи динамики машин; построение расчетных схем и математических моделей. Вибрационные ударные воздействия и переходные процессы в конструкциях, машинах, оборудовании и аппаратуре. Характеристики внешних динамических воздействий. Анализ несущих и промежуточных конструкций. Единицы измерения вибраций и шума. Излучение шума; распространение шума; влияние шума и вибрации на человеческий организм. Защита человека от вибрации. Постановка задачи виброударозащиты машин; динамические модели для решения задач виброударозащиты во временной и частотной областях. Оценка отклика объектов на действие виброударных нагрузок. Прямые и идентификационные методы построения динамических моделей машин, оборудования и аппаратуры. Системы виброударозащиты объектов. Структура систем виброударозащиты. Методы исследования пассивных и активных систем виброударозащиты. Оптимизация систем виброударозащиты. Определение оптимального управления виброизолируемыми объектами. Активные и регулируемые системы виброзащиты. Защита машин, оборудования и аппаратуры от нестационарных вибраций. Динамические расчеты рабочих режимов и балансировка роторных машин. Вибрация трубопроводов, кабелей и других протяженных сетей. Ветровой резонанс башенных сооружений. Критерии качества систем виброударозащиты. Виброизоляция. Управляемые системы виброизоляции. Динамическое гашение колебаний. Способы возбуждения вибрации, режимы вибронагружения и схемы виброиспытаний.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические,	Знает: критерии подтверждения (проверки) адекватности создаваемой модальной

естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	математической модели, основные расчетные и экспериментальные методы исследования динамических свойств изделий Умеет: создавать математические модели динамических систем, верифицированные по результатам модальных испытаний; определять динамические свойства изделий при виброиспытаниях и экспериментальном модальном анализе Имеет практический опыт: корректировки (уточнения) расчетной модальной математической модели по экспериментальным данным
ПК-1 Способен разрабатывать конструкции двигателей, транспортных средств и их компонентов с применением современных технологий цифровых двойников, анализировать влияние ключевых факторов на выходные характеристики изделий, внедрять и применять технологии цифровых двойников на разных стадиях жизненного цикла изделия	Знает: методы расчета собственных и вынужденных колебаний динамических систем; методы экспериментального определения собственных частот и форм конструкций Умеет: определять собственные частоты и формы конструкций расчетным и эксперимнетальным путем; сопоставлять расчетные и экспериментальные собственные формы по МАС критерию. Имеет практический опыт: работы с современной аппаратурой и программным обеспечением для проведения и обработки результатов модальных и вибропрочностных испытаний

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
ФД.01 Технологии цифровых двойников, 1.Ф.10 Основы автоматизированного проектирования, 1.О.11 Современное программное обеспечение построения цифровых двойников, 1.О.04 Цифровые двойники как компонент индустрии 4.0, 1.Ф.06 Мониторинг состояния конструкций, Учебная практика (ознакомительная) (1 семестр)	1.Ф.09 Управление жизненным циклом изделия

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
ФД.01 Технологии цифровых двойников	Знает: концепцию цифровых двойников; основные подходы к определению понятия "цифровой двойник"; основные подходы к валидации и верификации моделей Умеет: использовать подходы к созданию цифровых двойников на разных стадиях жизненного цикла изделия Имеет практический опыт: создания

	цифровых двойников машностроительных конструкций на стадии проектирования
1.Ф.10 Основы автоматизированного проектирования	Знает: методы и средства компьютерной графики и геометрического моделирования, особенности разработки и редактирования CAD-моделей узлов и механизмов транспортных средств, передовые информационные технологии и компьютерные программы для 3D-моделирования узлов и механизмов транспортных средств Умеет: графически представлять 2D и 3D-объекты; создавать и редактировать изображения, разрабатывать CAD-модели , подготавливать геометрические модели деталей и механизмов для инженерного анализа Имеет практический опыт: использования современного программного обеспечения в области разработки CAD-моделей, работы в современных компьютерных программах CAD-моделирования
1.О.04 Цифровые двойники как компонент индустрии 4.0	Знает: Концепцию четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0), отличие Индустрии 4.0 от предыдущих промышленных революций; цели и задачи ключевых технологий Индустрии 4.0; Умеет: анализировать и сопоставлять комплексное применение ключевых технологий Индустрии 4.0 Имеет практический опыт: самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач цифровой трансформации, в том числе в новойили незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
1.О.11 Современное программное обеспечение построения цифровых двойников	Знает: математические основы и способы построения моделей автомобилей, двигателей и их подсистем, законы, способы и алгоритмы управления., современные методы построения моделей подсистем автомобилей и двигателей на схемном уровне Умеет: формировать на схемном уровене модели подсистем двигателей и автомобилей и изделий в целом, производить настройку и отладку систем управления, формулировать цели и задачи при проектировании автомобилей и двигателей; создавать имитационные модели подсистем автомобилей и двигателей Имеет практический опыт: применения программного обеспечения имитационного моделирования для построения моделей двигателей, автомобилей и их подсистем, владения современным программным обеспечением расчетного анализа процессов в двигателях и автомобилях
Учебная практика (ознакомительная) (1 семестр)	Знает: современные методы получения информации в области профессиональной деятельности, отечественные и зарубежные наукометрические базы данных статей; методы и

	средства анализа структурирования профессиональной информации; инструменты подготовки аналитических обзоров и презентаций результатов своей работы; оформления выводов и рекомендаций, основные принципы организации собственного труда, базовые принципы самооценки, конструкции двигателей и транспортных средств и ключевые факторы, влияющие на их выходные характеристики и этапы жизненного цикла; современные технологии разработки цифровых двойников Умеет: применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации; анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров и презентаций с обоснованными выводами и рекомендациями, оценивать свои личностные ресурсы для успешного выполнения порученного задания, эффективно планировать и распределять время на этапы работы, разрабатывать конструкции двигателей и транспортных средств и их компонентов с применением современных технологий цифровых двойников, анализировать влияние ключевых факторов на выходные характеристики изделий Имеет практический опыт: анализа профессиональной информации, подготовки научных докладов, публикаций, аналитических обзоров и презентаций с обоснованными выводами и рекомендациями, оценки своих личностных и временных ресурсов для успешного выполнения порученного задания, создания/совершенствования конструкции двигателей, транспортных средств и их компонентов с применением современных технологий цифровых двойников

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия:	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0

Самостоятельная работа (СРС)	51,5	51,5
Подготовка к экзамену	51,5	51.5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
01	Свободные и установившиеся вынужденные колебания линейных механических систем с одной степенью свободы	8	4	4	0
02	Колебания систем с несколькими степенями свободы	12	6	6	0
03	Колебания систем с распределенной массой	14	2	12	0
04	Виброизоляция и виброгашение	8	4	4	0
05	Случайные колебания	6	0	6	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
01	01	Амплитудно-частотная характеристика системы с одной степенью свободы. Понятие о передаточной функции	2
02	01	Численное интегрирование уравнений движения	2
03	02	Уравнения движения механической системы с двумя степенями свободы	2
04	02	Метод комплексных амплитуд	2
05	02	Метод разложения по собственным формам. Реализация метода разложения по собственным формам в Ansys Workbench. MCF (Modal Coordinate File)	2
06	03	Собственные частоты и формы поперечных колебаний балки с распределенной массой	2
07	04	Виброизоляция.	2
08	04	Динамическое гашение колебаний. Пружинный динамический гаситель без трения.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
01	01	Численное интегрирование уравнения движения системы с одной степенью свободы в MathCAD при вынужденных колебаниях и гармоническом приложении нагрузки	2
02	01	Построение АЧХ системы с одной степенью свободы в MathCAD и в Ansys	2
03	02	Определение собственных частот и форм системы с двумя степенями свободы в MathCAD и Ansys	2
04	02	Построение АЧХ системы с двумя степенями свободы в MathCAD и в Ansys методом комплексных амплитуд	2
05	02	Построение АЧХ системы с двумя степенями свободы в MathCAD и в Ansys методом разложения по собственным формам	2
06	03	Определение собственных частот и форм поперечных колебаний балки с	2

		распределенной массой в Ansys и MathCAD	
07	03	Собственные частоты изгибных колебаний шарнирно опертого стержня с учетом продольной силы	2
08	03	Определение собственных частот и форм механической системы, состоящей из трех балок, методом подконструкций в Ansys Workbench	2
09	03	Решение задачи о вынужденных колебаниях континуальной механической системы с использованием модального демпфирования (Modal Damping)	2
10	03	MCF (Modal Coordinate File). Решение задачи о вынужденных колебаниях при силовом возбуждении методом суперпозиции собственных форм. Построение АЧХ	2
11	03	MCF (Modal Coordinate File). Решение задачи о вынужденных колебаниях при кинематическом возбуждении методом суперпозиции собственных форм.	2
12	04	Решение задачи виброизоляции	2
13	04	Исследование динамики механической системы с антивибратором	2
14	05	Random Vibration. Решение задач о случайном возбуждении в Ansys Workbench. Решение задачи о вынужденных колебаниях при случайном возбуждении с использование модуля Ansys Workbench Random Vibration	2
15	05	Ansys Fatigue. Решение задач усталостной долговечности в Ansys Workbench. Решение задачи усталостной долговечности с использованием модуля Ansys Fatique Module	2
16	05	Решение задачи о вынужденных колебаниях при случайном возбуждении с использование модуля Ansys Workbench Spectrum Response.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	1	3	51,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
3	3	Текущий контроль	Семестровое задание. Решение задач	1	50	Семестровое задание состоит из заданий общим объемом 50 баллов. После выполнения задач считается	экзамен

			динамики			рейтинг как отношение зачтенных задач к общему числу баллов	
4	3	Проме-жуточная аттестация	экзамен	-	100	Билет включает в себя два вопроса. Правильность ответа на каждый вопрос оценивается по 50-балльной шкале.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Билет включает в себя два вопроса. Правильность ответа на каждый вопрос оценивается по 50-балльной шкале. Отлично: 86 и более баллов Хорошо: 75-85 баллов Удовлетворительно: 61-65 баллов Неудовлетворительно: менее 61 балла	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ	
		3	4
ОПК-1	Знает: критерии подтверждения (проверки) адекватности создаваемой модальной математической модели, основные расчетные и экспериментальные методы исследования динамических свойств изделий	+	+
ОПК-1	Умеет: создавать математические модели динамических систем, верифицированные по результатам модальных испытаний; определять динамические свойства изделий при виброиспытаниях и экспериментальном модальном анализе	+	+
ОПК-1	Имеет практический опыт: корректировки (уточнения) расчетной модальной математической модели по экспериментальным данным	+	+
ПК-1	Знает: методы расчета собственных и вынужденных колебаний динамических систем; методы экспериментального определения собственных частот и форм конструкций	+	+
ПК-1	Умеет: определять собственные частоты и формы конструкций расчетным и эксперимнетальным путем; сопоставлять расчетные и экспериментальные собственные формы по МАС критерию.	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: работы с современной аппаратурой и программным обеспечением для проведения и обработки результатов модальных и вибропрочностных испытаний	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний Текст Учебник для вузов по спец."Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1980. - 408 с. ил.
2. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Политехника, 1990. - 272 с. ил.

3. Бабаков, И. М. Теория колебаний Учеб. пособие для вузов И. М. Бабаков. - 4-е изд., испр. - М.: Дрофа, 2004. - 592 с.
4. Тимошенко, С. П. Колебания в инженерном деле Пер. с англ. Л. Г. Корнейчука; Под ред. Э. И. Григолюка. - М.: Машиностроение, 1985. - 472 с. Ил.
5. Каплун, А. Б. Ansys в руках инженера [Текст] практ. рук. А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева ; предисл. А. С. Шадского. - Изд. стер. - М.: URSS : ЛИБРОКОМ, 2014. - 269 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Ильин, М. М. Теория колебаний Учеб. для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов в обл. машиностроения и приборостроения М. И. Ильин, К. С. Колесников, Ю. С. Саратов; Под ред. К. С. Колесникова; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки"; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки". - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 271 с. ил.
2. Светлицкий, В. А. Задачи и примеры по теории колебаний Ч. 1 Учеб. пособие для втузов. - М.: Издательство МГТУ, 1994. - 307 с. ил.
3. Светлицкий, В. А. Задачи и примеры по теории колебаний Ч. 2 Учеб. пособие для втузов. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. - 262,[1] с. ил.
4. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем: Соврем. концепции, парадоксы и ошибки. - 3-е изд., перераб. - М.: Наука, 1979. - 384 с. ил.
5. Костюк, А. Г. Динамика и прочность турбомашин [Текст] учебник для вузов по направлению "Энергомашиностроение" А. Г. Костюк. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 474 с. ил.
6. Яблонский, А. А. Курс теории колебаний [Для машиностроит. спец. вузов]. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1975. - 248 с. ил.
7. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Текст] учеб. пособие для вузов С. В. Поршнев. - 2-е изд., испр. - СПб. и др.: Лань, 2011. - 726 с. ил. 1 электрон. опт. диск

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Романов, В. А. Аналитическая динамика и теория колебаний : Учебное пособие / В. А. Романов, П. А. Тараненко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет, Кафедра «Техническая механика». – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 177 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Романов, В. А. Аналитическая динамика и теория колебаний : Учебное пособие / В. А. Романов, П. А. Тараненко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский

государственный университет, Кафедра «Техническая механика». – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 177 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Стрелков, С. П. Введение в теорию колебаний : учебник для вузов / С. П. Стрелков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-7343-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/158954 (дата обращения: 29.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гуськов, А. М. Анализ колебаний консервативных нелинейных систем с одной степенью свободы : учебное пособие / А. М. Гуськов, С. В. Яресько. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. — 41 с. — ISBN 978-5-7038-3650-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/52261 (дата обращения: 29.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Основы работы в ANSYS 17 / Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов, Ю. В. Захарова. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 210 с. — ISBN 978-5-97060-425-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/90112 (дата обращения: 04.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Павлов, А. С. Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS : учебное пособие / А. С. Павлов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. — 34 с. — ISBN 978-5-85546-825-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/63695 (дата обращения: 04.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
3. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	328а (2)	Компьютер, телевизор, MathCAD, Ansys, Solidworks
Практические занятия и семинары	328а (2)	Компьютер, телевизор, MathCAD, Ansys, Solidworks
Лекции	328а (2)	Компьютер, телевизор