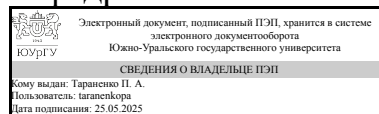


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



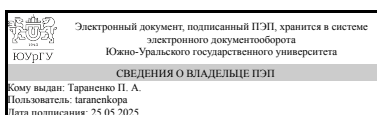
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.ПО.19.01 Численные методы технической механики
для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Компьютерное моделирование и испытания
высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

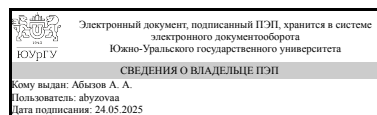
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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



П. А. Тараненко

Разработчик программы,
д.техн.н., доц., профессор



А. А. Абызов

1. Цели и задачи дисциплины

Основной целью курса "Численные методы технической механики" является подготовка бакалавров по направлению "Прикладная механика", умеющих использовать современные численные методы и пакеты прикладных программ при решении задач, связанных с исследованиями динамики и нагруженности механических систем, обеспечении их прочности и надежности

Краткое содержание дисциплины

Содержание курса: построение физических и математических моделей в механике; понятие о вычислительном эксперименте, его основные этапы; основные требования к численным алгоритмам; понятие о точности, сходимости и устойчивости вычислительного процесса; погрешности результата численного решения задачи; численные методы, используемые при решении задач динамики механических систем, а также при исследовании напряженно- деформированного состояния конструкций (методы приближения числовых функций, методы численного дифференцирования, интегрирования, решения уравнений и систем уравнений, методы решения задачи Коши и краевой задачи для дифференциальных уравнений в частных производных)

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Способен на научной основе организовать свой труд и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным наукоёмким процессам, машинам и конструкциям	Знает: основные положения теории погрешностей; методы аппроксимации числовых данных; теоретические основы методов численного интегрирования, дифференцирования, решения нелинейных уравнений и их систем, численного решения задачи Коши и краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений Умеет: использовать методы численного интегрирования, дифференцирования, решения нелинейных уравнений и их систем, численного решения задачи Коши и краевой задачи, оценивать погрешность результата Имеет практический опыт: использования пакета программ Mathcad для решения вычислительных задач

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Специальные главы теоретической механики, Аналитическая динамика, Анализ механической системы твердых тел, Теория упругости, Цифровое моделирование динамики машин и	Не предусмотрены

механизмов, Строительная механика оболочек, Строительная механика пластин, Специальные главы сопротивления материалов	
--	--

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

Дисциплина	Требования
Специальные главы сопротивления материалов	Знает: основные гипотезы механики деформируемого тела и, в частности, сопротивления материалов; основы расчета на прочность по допускаемым напряжениям и по допускаемым нагрузкам, в том числе при динамическом воздействии, методы расчета на устойчивость стержневых конструкций; общие закономерности неупругого однократного и повторно-переменного деформирования материалов Умеет: выделять круг задач, в которых особенности рассматриваемых процессов требуют применения специфических методов анализа; выполнять расчеты на прочность и жесткость конструкций, в том числе и статически неопределимых; записывать системы уравнений и неравенств, описывающих неупругое деформирование конструкций; определять критическую силу для стержневой конструкции; выполнять расчеты на прочность с учетом динамических воздействий Имеет практический опыт: формулировки задач расчетов за пределами упругости, определения перечня возможных результатов; решения задач определения нагрузок, напряжений и перемещений при однократном и повторном нагружении за пределами упругости; определения предельных нагрузок, критических нагрузок, раскрытия статической неопределимости в балках, рамах и фермах, анализа конструкций при динамическом воздействии
Строительная механика оболочек	Знает: возможности современных численных методов решения задач об оболочках, основные гипотезы технической теории оболочек Умеет: выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей, записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние оболочек Имеет практический опыт: применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния оболочечных конструкций, получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния

	в задачах об оболочках
Аналитическая динамика	Знает: основные понятия теории малых колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы, базовые фундаментальные, естественнонаучные положения аналитической динамики и теории колебаний, основные понятия, физические основы и методы математического анализа динамического поведения механических систем Умеет: выполнять расчет собственных частот и собственных форм малых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, классифицировать механическую систему на основании выявления наложенных связей и записи их уравнений; определять число степеней свободы механической системы; записывать уравнения движения; составлять и решать характеристическое уравнение; устанавливать характер движения механической системы (колебательный или неколебательный), ставить и решать задачи о движении и равновесии материальных объектов, конструкций и сооружений Имеет практический опыт: расчета установившихся и неустойчивых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, записи дифференциальных уравнений движения в прямой форме, обратной форме, с помощью уравнений Лагранжа второго рода, анализа результатов решения задач динамического поведения механических систем с конечным числом степеней свободы, формулировки выводов и оформления отчетов о выполненных исследованиях
Специальные главы теоретической механики	Знает: фундаментальные понятия кинематики и динамики; основные аксиомы, законы и принципы теоретической механики для применения их в профессиональной деятельности Умеет: применять теоремы кинематики, общие теоремы и принципы динамики к исследованию движения твердого тела и механической системы Имеет практический опыт: математического моделирования кинематического и динамического состояния механических систем и анализа полученных результатов
Цифровое моделирование динамики машин и механизмов	Знает: современные пакеты 1D и 3D цифрового моделирования динамики сборок из абсолютно твердых тел, теоретические основы и методы цифрового моделирования Умеет: определять кинематические и динамические параметры конструкции (перемещения, скорости и ускорения точек), разрабатывать цифровые виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их

	конструкции Имеет практический опыт: кинематического и динамического анализа систем твердых тел, работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для цифрового компьютерного моделирования динамических систем
Строительная механика пластин	Знает: возможности современных численных методов решения задач о пластинах, основные гипотезы технической теории пластин Умеет: выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей, записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние пластин Имеет практический опыт: применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния конструкций из пластин, получения аналитических и численных (с использованием CAE-программ) оценок напряженного состояния в задачах о пластинах
Теория упругости	Знает: основы тензорной алгебры и тензорного анализа, которые с одной стороны необходимы для формирования объемного представления о мерах напряженно-деформированного состояния и основных законах механики твердого деформируемого тела, а с другой стороны помогают развить системное и критическое мышление, тензорный аппарат, используемый в механике твердого тела, основные меры напряженно-деформированного состояния, уравнения, законы и принципы теории упругости; основы метода конечных элементов; классические задачи теории упругости в 3D и 2D постановке Умеет: представлять меры напряженного и деформированного состояния в точке тела, а также основные уравнения механики твердого деформируемого тела в тензорной форме, при необходимости переходя от нее к координатной и матричной, решать задачи теории упругости, привлекая для этого тензорный аппарат; выполнять анализ напряженно-деформированного состояния в точке тела; составлять матричную модель МКЭ стержневой и плоской конструкции Имеет практический опыт: представления основных уравнений теории упругости в различных формах записи; применения тензорного аппарата к решению задач механики, организации своего труда на научной основе; применения классических задач и методов теории упругости, физико-механических, математических и компьютерных моделей
Анализ механической системы твердых тел	Знает: теоретические основы и методы компьютерного моделирования, компьютерные системы моделирования динамики механизмов

	из абсолютно твердых тел Умеет: разрабатывать виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции, выполнять кинематический и динамический анализ механической системы Имеет практический опыт: работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для компьютерного моделирования динамических систем, состоящих из твердых тел, кинематического и динамического анализа механических систем
--	--

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		7
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75
Домашнее задание: численное исследование динамики нелинейной механической системы	15,75	15.75
Подготовка к зачёту	20	20
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Построение физических и математических моделей в механике. Понятие о вычислительном эксперименте. Основные требования к численным алгоритмам. Погрешности результата численного решения задачи.	4	2	2	0
2	Приближение функций и смежные вопросы (интерполяция, численное интегрирование и дифференцирование)	12	6	6	0
3	Численные методы решения уравнений и систем уравнений	6	4	2	0
4	Методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.	6	2	4	0
5	Краевые задачи и методы их решения	4	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Построение физических и математических моделей в механике. Понятие о вычислительном эксперименте, его основные этапы. Основные требования к численным алгоритмам. Понятие о точности, сходимости и устойчивости вычислительного процесса. Погрешности результата численного решения задачи. Распространение погрешностей	2
2	2	Постановки задач о приближении числовых функций. Интерполяция таблично заданных функций. Интерполяционный полином в форме Лагранжа и Ньютона. Практическая оценка точности интерполяции	2
3	2	Интерполяция сплайнами. Кубический сплайн. Локальные свойства сплайнов. Выбор граничных условий и узлов интерполяции в случае разрыва производных. Аппроксимация функций в среднем	2
4	2	Численное интегрирование; численное дифференцирование. Построение формул различного порядка, практическая оценка точности результата	2
5	3	Системы линейных алгебраических уравнений. Прямые и итерационные методы решения. Метод Гаусса и LU разложение. Метод Холецкого и метод прогонки. Итерационные методы решения систем линейных уравнений	2
6	3	Решение нелинейного уравнения и систем нелинейных уравнений. Основные этапы решения задачи. Способы локализации решения. Методы бисекции, простых итераций и метод Ньютона. Оценка точности решения.	2
7	4	Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Классификация методов. Методы Рунге-Кутты, оценка точности. Многошаговые методы решения задачи Коши. Понятие о плохо обусловленных и "жестких" задачах	2
8	5	Краевые задачи и методы их решения. Метод стрельбы и его различные реализации, нелинейные и линейные краевые задачи. Конечно- разностные методы решения краевых задач	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Теория погрешностей. Распространение погрешностей при арифметических операциях с приближенными числами, Погрешность вычисления функции	2
2	2	Интерполяция таблично заданных функций. Использование интерполяционных многочленов и сплайнов. Использование пакета MathCAD для интерполяции данных	2
3	2	Интерполяция средним (метод наименьших квадратов). Использование пакета MathCAD	2
4	2	Численное интегрирование и дифференцирование. Использование пакета MathCAD	2
5	3	Численное решение нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений. Использование пакета MathCAD	2
6,7	4	Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Использование пакета MathCAD	4
8	5	Численное решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Использование пакета MathCAD	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
Домашнее задание: численное исследование динамики нелинейной механической системы	Амосов, А. А. И др. Вычислительные методы для инженеров - М.: Издательство МЭИ, 2003. гл. 11 и 14, Основная литература [1-3]	7	15,75
Подготовка к зачёту	Амосов, А. А. И др. Вычислительные методы для инженеров - М.: Издательство МЭИ, 2003. Основная литература [1], гл. 1-3, 5, 7-11; [2], гл.1-5	7	20

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	Учитывается в ПА
1	7	Текущий контроль	Домашнее задание часть 1	1	5	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). Первая часть задания посвящена освоению использования пакета MathCad для построения регрессионных зависимостей. Для нелинейной механической системы необходимо записать выражение для функции восстанавливающей силы и получить линеаризованное регрессионное уравнение, приближенно описывающее эту функцию. Задание выполняется в пакете программ MathCad, сдается в электронном виде. Шкала оценивания: - задание выполнено правильно, хорошо оформлено, сдано в срок - 5 баллов; - задание выполнено с несущественными ошибками, которые в дальнейшем исправлены, имеет недостатки в оформлении, сдано после окончания срока -	зачет

						3 балла; - задание не выполнено - 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.	
2	7	Текущий контроль	Домашнее задание часть 2	1	5	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). Первая часть задания посвящена освоению использования пакета MathCad для численного решения задачи Коши. Для нелинейной механической системы необходимо записать дифференциальное уравнение движения, численно проинтегрировать его и провести расчетные исследования в соответствии с заданием. Задание выполняется в пакете программ MathCad, сдается в электронном виде. Шкала оценивания: - задание выполнено правильно, хорошо оформлено, сдано в срок - 5 баллов; - задание выполнено с несущественными ошибками, которые в дальнейшем исправлены, имеет недостатки в оформлении, сдано после окончания срока - 3 балла; - задание не выполнено - 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.	зачет
3	7	Текущий контроль	Коллоквиум 1	1	5	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). Коллоквиум проводится в письменной форме. Билет содержит 2 теоретических вопроса, а также задачу по темам 1 и 2. На его выполнение отводится 45 минут. Шкала оценивания: - даны правильные ответы на все вопросы, решена задача - 5 баллов; - даны ответы на все вопросы, решена задача с несущественными ошибками- 4 балла; - дан ответ на 1 вопрос, решена задача (возможно, с несущественными ошибками), - 3 балла; - не даны ответы на вопросы или (и) не решена задача - 0 баллов. Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.	зачет
4	7	Текущий контроль	Коллоквиум 2	1	5	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена	зачет

						приказом ректора №179 от 24.05.2019). К зачету допускаются студенты, выполнившие домашнее задание (части 1 и 2), сдавшие коллоквиумы 1 и 2. Зачет выставляется на основании рейтинга по текущему контролю, рассчитанному по результатам контрольных мероприятий в течение семестра: выполнения коллоквиумов 1 и 2, домашней работы (часть 1 и 2). Весовые коэффициенты при расчете рейтинга: - коллоквиум 1 0,2 - Коллоквиум 2 0,2 - домашнее задание часть 1 0,3 - домашнее задание часть 2 0,3 Студенты, не написавшие в течение семестра коллоквиумы или не набравшие достаточное число баллов повторно выполняют эти задания во время зачета. Коллоквиумы сдаются письменно, время- 45 минут.	
5	7	Промежуточная аттестация	Зачет	-	5	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). К зачету допускаются студенты, выполнившие домашнее задание (части 1 и 2), рейтинг которых по дисциплине недостаточен для получения зачета. Зачет проводится письменно. Билет содержит 2 теоретических вопроса и 2 задачи. На подготовку отводится 45 минут. Шкала оценивания: - Даны правильные ответы на все вопросы, правильно решены задачи - 5 баллов; - Даны ответы на вопросы, решены задачи с несущественными ошибками - 4 балла; - Даны ответы на 1 вопрос и решена 1 задача, возможно с несущественными ошибками - 3 балла; - Даны правильные ответы менее чем на 1 вопрос - 0 баллов; Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	При оценивании результатов мероприятий используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора №179 от 24.05.2019). К зачету допускаются студенты, сдавшие домашние задания 1 и 2. Экзаменационная оценка выставляется на основании рейтинга, рассчитанного по мероприятиям текущего контроля в течение семестра. Рейтинг	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	60% и более "зачтено", рейтинг менее 60% "незачтено". Студенты, рейтинг которых по текущему контролю недостаточен для получения зачета, сдают письменный зачет. В этом случае тоговый рейтинг по дисциплине рассчитывается в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы по рейтингу текущего контроля и рейтингу, полученному на промежуточной аттестации.	
--	---	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-4	Знает: основные положения теории погрешностей; методы аппроксимации числовых данных; теоретические основы методов численного интегрирования, дифференцирования, решения нелинейных уравнений и их систем, численного решения задачи Коши и краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений	+		+	+	+
ПК-4	Умеет: использовать методы численного интегрирования, дифференцирования, решения нелинейных уравнений и их систем, численного решения задачи Коши и краевой задачи, оценивать погрешность результата		+			+
ПК-4	Имеет практический опыт: использования пакета программ Mathcad для решения вычислительных задач	+	+			+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы Текст учеб. пособие для физ.-мат. специальностей вузов Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 6-е изд. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. - 636 с. ил.
2. Турчак, Л. И. Основы численных методов Текст учеб. пособие для вузов Л. И. Турчак, П. В. Плотников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Физматлит, 2005. - 300 с. ил.
3. Воскобойников, Ю. Е. Регрессионный анализ данных в пакете Mathcad [Текст] учеб. пособие для техн. и экон. специальностей вузов Ю. Е. Воскобойников. - СПб. и др.: Лань, 2011. - 223, [1] с. ил., табл. 1 электрон. опт. диск

б) дополнительная литература:

1. Березин, И. С. Методы вычислений [Текст] Т. 1 Учеб. пособие для вузов: В 2 т. И. С. Березин, Н. П. Жидков. - 2-е изд., стереотип. - М.: Физматгиз, 1962. - 464 с. ил.
2. Березин, И. С. Методы вычислений [Текст] Т. 2 Учеб. пособие для вузов: В 2 т. И. С. Березин, Н. П. Жидков. - М.: Физматгиз, 1960. - 620 с. черт.

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Суховилов, Б. М. Численные методы [Текст] : учеб. пособие по направлению "Приклад. информатика" / Б. М. Суховилов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Информатика ; ЮУрГУ Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2013 49 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Суховилов, Б. М. Численные методы [Текст] : учеб. пособие по направлению "Приклад. информатика" / Б. М. Суховилов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Информатика ; ЮУрГУ Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ , 2013 49 с.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. PTC-MathCAD(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
Лекции	336 (2)	Доска, экран, компьютер с мультимедийным проектором
Практические занятия и семинары	332 (2)	Компьютерный класс с установленным программным обеспечением (MathCAD, Microsoft-Office)