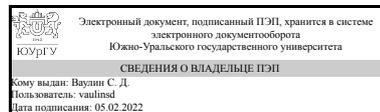


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



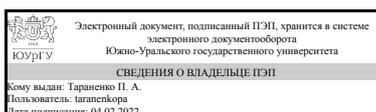
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ДВ.1.13.01 Численные методы технической механики  
для направления 15.03.03 Прикладная механика  
уровень бакалавр тип программы Академический бакалавриат  
профиль подготовки Прикладная механика, динамика и прочность машин  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Техническая механика

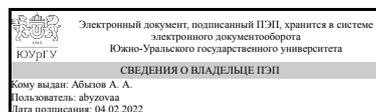
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.03.2015 № 220

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 (ЗУНы)
ПК-8 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня	Знать:
	Уметь:
	Владеть: Навыками использования пакетов программ для обработки экспериментальных данных; решения дифференциальных уравнений, описывающих динамику механических систем и напряженно- деформированное состояние элементов конструкций
ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Знать:
	Уметь:
	Владеть: Методами обработки экспериментальных данных
ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	Знать: Методы приближения таблично заданных функций
	Уметь: производить интерполяцию данных, в т.ч. с использованием метода наименьших квадратов (аппроксимация в среднем)
	Владеть:
ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе	Знать:
	Уметь: Разрабатывать математические модели динамических систем
	Владеть:

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.05.01 Математический анализ, В.1.10 Аналитическая динамика	В.1.19 Основы планирования эксперимента, ДВ.1.08.01 Динамика машин, Производственная практика, преддипломная практика (8 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Б.1.05.01 Математический анализ	Знать основы дифференциального и интегрального исчисления
В.1.10 Аналитическая динамика	Уметь составлять дифференциальные уравнения движения механических систем

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

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>	40	40	
Подготовка к зачёту	27	27	
Домашнее задание: численное исследование динамики нелинейной механической системы	13	13	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объём 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	4	2	2	0

	численного решения задачи.				
2	Приближение функций и смежные вопросы (интерполяция, численное интегрирование и дифференцирование)	12	6	6	0
3	Численные методы решения уравнений и систем уравнений. Решение задач на собственные значения	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		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	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]	13
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	27

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Мультимедийные лекции	Лекции	Лекции с использованием мультимедийного проектора	16

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля	№№ заданий
----------------------------------	---------------------------------	--------------	------------

		(включая текущий)	
Приближение функций и смежные вопросы (интерполяция, численное интегрирование и дифференцирование)	ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Проверка задания, часть 1	Первая часть задания (линеаризация характеристики упругого элемента)
Методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.	ПК-8 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня	Проверка задания, часть 2	Вторая часть задания (численное интегрирование дифференциальных уравнений движения)
Все разделы	ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	Зачет	Билеты для зачета с теоретическими вопросами и практическими задачами
Все разделы	ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Зачет	Билеты для зачета с теоретическими вопросами и практическими задачами
Все разделы	ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Зачет	Билеты для зачета с теоретическими вопросами и практическими задачами
Все разделы	ПК-8 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием	Зачет	Билеты для зачета с теоретическими вопросами и практическими

	современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня		задачами
Введение. Построение физических и математических моделей в механике. Понятие о вычислительном эксперименте. Основные требования к численным алгоритмам. Погрешности результата численного решения задачи.	ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Коллоквиум 1	Билет с вопросами для коллоквиума
Приближение функций и смежные вопросы (интерполяция, численное интегрирование и дифференцирование)	ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Коллоквиум 1	Билет с вопросами для коллоквиума
Численные методы решения уравнений и систем уравнений. Решение задач на собственные значения	ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	Коллоквиум 2	Билет с вопросами для коллоквиума
Методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.	ПК-8 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня	Коллоквиум 2	Билет с вопросами для коллоквиума

## 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	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	Зачтено: рейтинг 100 - 60%

	<p>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.</p>	<p>Не зачтено: рейтинг 0 - 59%</p>
<p>Проверка задания, часть 1</p>	<p>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 - 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.</p>	<p>Зачтено: рейтинг 100 - 60%</p> <p>Не зачтено: рейтинг 0 - 59%</p>
<p>Проверка задания, часть 2</p>	<p>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.</p>	<p>Зачтено: рейтинг 100 - 60%</p> <p>Не зачтено: рейтинг 0 - 59%</p>
<p>Коллоквиум 1</p>	<p>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.</p>	<p>Зачтено: рейтинг 100 - 60%</p> <p>Не зачтено: рейтинг 0 - 59%</p>

	Максимальное число баллов =5. Рейтинг вычисляется как отношение набранного числа баллов к максимальному числу баллов. Вес контрольного мероприятия =1.	
Коллоквиум 2	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), 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.	Зачтено: рейтинг 100 - 60% Не зачтено: рейтинг 0 - 59%

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Зачет	Числ_мет_ТМ Вопросы к зачету.doc
Проверка задания, часть 1	Числ_мет_ТМ Задание.doc; Числ_мет_ТМ Задание.doc
Проверка задания, часть 2	Числ_мет_ТМ Задание.doc
Коллоквиум 1	Числ_мет_ТМ Вопросы к Коллоквиуму 1.doc
Коллоквиум 2	Числ_мет_ТМ Вопросы к Коллоквиуму 2.doc

### 8. 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. Плис, А. И. Mathcad 2000: Математический практикум для экономистов и инженеров Учеб. пособие для вузов по экон. и техн. специальностям. - М.: Финансы и статистика, 2000. - 655 с. ил.

##### 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

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Кудрявцев, Е.М. Mathcad 11: Полное руководство по русской версии. [Электронный ресурс] : рук. — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2009. — 592 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/1172">http://e.lanbook.com/book/1172</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Амосов, А.А. Вычислительные методы. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 672 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/42190">http://e.lanbook.com/book/42190</a>

### 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий

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