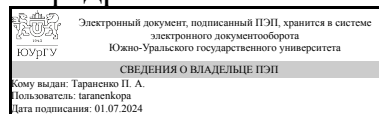


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



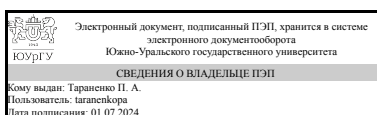
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.22.02 Вычислительные методы решения инженерных задач
для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Компьютерное моделирование и испытания высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

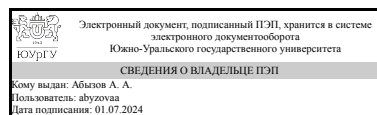
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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 наукоемким процессам, машинам и конструкциям	Знает: основные вычислительные методы решения инженерных задач Умеет: применять вычислительные методы в профессиональной деятельности Имеет практический опыт: использования вычислительных методов решения инженерных задач

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Строительная механика пластин, Практикум по виду профессиональной деятельности, Цифровое моделирование динамики машин и механизмов, Анализ механической системы твердых тел, Теория упругости, Основы автоматизации инженерных расчетов, Аналитическая динамика, Строительная механика оболочек, Основы расчетов на прочность в инженерной практике	Устойчивость механических систем, Регрессионный анализ и планирование эксперимента, Основы планирования эксперимента

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

Дисциплина	Требования
Основы автоматизации инженерных расчетов	Знает: существующие информационные технологии и компьютерные программы для проведения инженерных расчетов; основы расчетов элементов конструкций и проведения математических вычислений с использованием вычислительных методов, основные физические явления и процессы, системы компьютерной математики для решения задач в области прикладной механики с помощью существующих информационных технологий и компьютерных программ; основы проведения математических вычислений инженерных расчетов в компьютерной программе Mathcad Умеет: проводить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых стержневых систем и элементов конструкций с помощью программ компьютерной математики; применять современные математические пакеты программ для обработки результатов эксперимента, проводить основные математические вычисления в системе Mathcad; применять стандартные математические функции программы Mathcad при проведении необходимых инженерных расчетов, расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость типовых стержневых систем; применять физико-математические методы для решения практических задач; применять вероятностные и статические методы при обработке экспериментальных данных Имеет практический опыт: расчета на прочность элементов конструкций с использованием современных вычислительных систем; применения математического аппарата для статистической обработки результатов эксперимента, решения конкретных задач с помощью численных методов; самостоятельного проведения расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость типовых элементов конструкций в программе MathCAD; обработки экспериментальных данных при практической работе на компьютере с применением современных вычислительных систем; навыками применения физико-математического аппарата и методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности
Анализ механической системы твердых тел	Знает: компьютерные системы моделирования динамики механизмов из абсолютно твердых тел,

	теоретические основы и методы компьютерного моделирования Умеет: выполнять кинематический и динамический анализ механической системы, разрабатывать виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции Имеет практический опыт: кинематического и динамического анализа механических систем, работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для компьютерного моделирования динамических систем, состоящих из твердых тел
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
Основы расчетов на прочность в инженерной практике	Знает: современные подходы, в том числе, математические модели к определению предельных состояний элементов конструкций, возникающие при однократном, повторно-переменном и длительном (при повышенной температуре) нагружении, классические и технические теории и методы, прогрессивные физико-механические, математические и компьютерные модели для оценки предельных состояний разного рода конструкций, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам и объектам Умеет: применять современные теории, физико-математические и численные методы исследования закономерностей реализации предельных состояний изделий в условиях однократного, повторно-переменного и длительного нагружения, определять предельные состояния, включая образование трещин, на основе классических и технических теорий и методов, современных адекватных физико-механических, математических и компьютерных моделей Имеет практический опыт: расчетов и навыки использования пакетов прикладных программ, включая академические пакеты МКЭ, а также новых систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга для оценки прочности элементов конструкций, решения задач, связанных с определением

	различных предельных состояний, обладать навыками применения адекватных физико-механических, математических и компьютерных моделей
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
Строительная механика пластин	Знает: основные гипотезы технической теории пластин, возможности современных численных методов решения задач о пластинах Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние пластин, выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей Имеет практический опыт: получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния в задачах о пластинах, применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния конструкций из пластин
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
Строительная механика оболочек	Знает: основные гипотезы технической теории оболочек, возможности современных численных методов решения задач об оболочках Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние оболочек, выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей Имеет практический опыт: получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния в задачах об оболочках, применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния оболочечных конструкций
Практикум по виду профессиональной деятельности	Знает: способы поиска и возможные источники информации по профессиональной тематике, основы численных методов решения задач статики и динамики деформируемого тела, возможные постановки задач в области прикладной механики Умеет: критически анализировать информацию, доступную в профессиональных публикациях, для конкретизации задач исследования, выбирать численные методы для расчета напряженно-деформированного состояния конструкций различных типов, выбирать особенности

	применения численных методов в конкретных задачах, выбирать способы компьютерной реализации рассматриваемых методов Имеет практический опыт: подготовки обзора литературы с формулировкой целей и задач исследования, подготовки соответствующего доклада, решения задач прочности типовых конструкций с использованием численных методов, использования нормативной документации для интерпретации результатов расчетов, применения современных пакетов программ (CAE) для моделирования конструкций с достаточным уровнем адекватности
--	--

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
Подготовка к зачёту	20	20
Домашнее задание: численное исследование динамики нелинейной механической системы	15,75	15.75
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	6	2	4	0

	дифференциальных уравнений.				
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
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
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

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,	зачет

						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.	
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 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.	зачет
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	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	№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 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 вычислительные методы решения инженерных задач	+		+	+	+
ПК-4	Умеет: применять вычислительные методы в профессиональной деятельности		+			+
ПК-4	Имеет практический опыт: использования вычислительных методов решения инженерных 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

№	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: http://e.lanbook.com/book/1172
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: http://e.lanbook.com/book/42190

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)