

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт прикладной математики и компьютерных наук
Кафедра «Вычислительная механика и математика»

Утверждено на заседании кафедры
«Вычислительная механика и математика»
« 14 » января 2021 г., протокол № 5

с учетом изменений и дополнений,
утвержденных на заседании кафедры
«Вычислительная механика и математика»
«17» июня 2021г., протокол №10,
вступающих в силу с 1 сентября 2021 года

Заведующий кафедрой



В.В. Глаголев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

«Методы вычислений»

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки:

01.03.03 Механика и математическое моделирование

с направленностью (профилем)

Механика деформируемого твердого тела

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 010303-01-21

Тула 2021 год

Разработчик(и) методических указаний

Адамов В.И., к.ф-м.н., доцент кафедры ВММ
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи лабораторных занятий.....	4
2. Сценарий лабораторного занятия.....	4
3. Основные типы задач, рассматриваемых в курсе и алгоритмы их решения....	6
4. Оценка качества усвоения дидактических элементов курса	7

1. Цели и задачи лабораторных занятий

Целью освоения дисциплины (модуля) является развитие способностей по управлению результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, получаемых в ходе моделирования движения механических систем, основанного на использовании вычислительных методов механики.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются:

- дальнейшее изучение понятий и методов, граничных, конечно-разностных и конечно-элементных решений дифференциальных задач механики, как частных случаев целостного подхода обобщенного метода конечных элементов.
- приобретение опыта исследования состояний конструкции и процессов изменения этих состояний с использованием современных численных методов,
- приобретение опыта ведения дискуссий и презентации результатов исследований.

Достигнутый уровень профессиональных компетенций фиксируется в ходе контролируемых мероприятий текущей и промежуточной аттестации, по результатам которых принимаются корректирующие действия.

2. Сценарий лабораторной работы

В соответствии с целями и задачами дисциплины (модуля) лабораторные работы нацелены на выработку знаний, умений и навыков, входящих в компетенцию ОПК-1 и ОПК-2. Практические занятия проводятся по следующему сценарию.

1. Обсуждение вопросов, возникших при выполнении домашних заданий по ранее рассмотренным темам, а также при подготовке научных и реферативных сообщений по тематике очередного практического занятия.
2. Формулирование целей занятия и обсуждение сферы использования и актуальности изучаемых методов в рамках рассматриваемой темы.
3. Презентационные сообщения студентов в соответствии с заявленными в курсе темами.
 - Дискуссия по ключевым аспектам рассматриваемой темы.
 - Формирование целостного представления рассматриваемой схемы
 - Сравнительный анализ рассматриваемого подхода с альтернативными. Оценка достоинств и недостатков.
4. Решение задач с использованием рассмотренных на занятии методов.
 - Изучение на практике применяемых концепций.
 - Формирование с использованием методов группового обсуждения (мозгового штурма и т.п.) алгоритмов решения задач.
 - Сопоставление альтернативных подходов при решении данного типа задач.
5. Подведение итогов занятия, презентация домашнего задания и тем последующих занятий.

3. Основные типы задач, рассматриваемых в курсе и алгоритмы их решения

Тема №1 Решение систем линейных алгебраических уравнений

1. Цель и задачи работы Целью работы является формирование представления о методах решения систем линейных алгебраических уравнений, достигаемой точности, необходимых ресурсах и областях применения.

Задачи :

- Изучение алгоритмов точных (прямых) методов решений систем линейных алгебраических уравнений, методов оценки точности получаемых решений, границ применимости.

- Изучение алгоритмов приближенных (итерационных) методов решений систем линейных алгебраических уравнений, методов оценки точности получаемых решений. границах применимости.

2. Теоретическая справка.

2.1 Точные методы К точным (прямым) относят методы, в которых решение получается за конечное число действий. Наиболее распространенными являются методы исключения на основе алгоритма Гаусса, а также методы факторизации (схема Холецкого). В обоих случаях решение содержит два этапа:

- приведение системы к специальному виду
- собственно нахождение вектора решения.

В методах исключения на основе схемы Гаусса на первом этапе система уравнений в ходе эквивалентных преобразований приводится к треугольному виду, а затем последовательно из рекуррентных соотношений находят решения системы, начиная с последнего. Существующие разновидности метода (метод исключения с выбором ведущего элемента, схемы Жордана ориентированы на снижение погрешностей вычислений и уменьшение требований к необходимым ресурсам)

В методах факторизации матрица системы приводится к треугольному виду посредством различных схем преобразований, что позволяет задачу нахождения решений систем линейных алгебраических уравнений свести к двум последовательно решаемым системам уравнений со специальными треугольными матрицами.

Погрешность точных методов, обуславливается только погрешностями округлений в ходе алгебраических операций и может быть оценена по величине абсолютной погрешности, получаемой в ходе повторного решения системы с использованием вектора невязки.

2.1 Приближенные методы. К приближенным относят методы, использующим рекуррентные соотношения, следующие из операторов сжимающих отображений, построенных на основе матриц линейных преобразований, входящих в исходные системы алгебраических уравнений. Решение в этом случае получается в виде последовательности решений, имеющих своим пределом точное решение. Наиболее просты алгоритмы простой итерации и метода Зейделя.

Погрешность итерационных методов, складывается из погрешности метода и погрешности округлений в ходе алгебраических операций. Наиболее существенна погрешность метода, которая оценивается по специальным формулам.

2.3 Литература . Более подробно вопросы построения рекуррентных соотношения, описание особенностей алгоритмов вычислений приведены в следующих учебниках [и монографиях.

1. Бахвалов Н.С. Численные методы.-М.:Наука,1973.- 632 с.
2. Калиткин Н.Н. Численные методы.-М.:Наука,1978.- 416 с.
3. Березин И.С., Жидков Н.М. Методы вычислений, т.1,:Наука,1978.- 640 с.
4. Адамов В.И. Курс лекций по методам вычислений. Рукопись. Размещена на сайте ТулГУ

3. Объект изучения. Объектом изучения является система линейных алгебраических уравнений. Решение задачи может быть реализовано на основе самостоятельно разработанной программы, создаваемой в среде “Pascal” или “Mathcad”.

4. Задачи, используемые в самостоятельной работе, для отработки навыков применения изучаемых методов.

4.1. Решение систем линейных алгебраических уравнений точными методами.

1. Решить систему уравнений методом исключения Гаусса
2. Решить систему уравнений методом исключения Гаусса с выбором главного элемента
3. Решить систему уравнений методом Холецкого
4. Оценить качество процесса с использованием эталонной системы.

5. Оценить абсолютную погрешность на основе повторного решения системы с использованием вектора невязки.
 6. Сравнить методы по достигаемой точности и требованиям к ресурсам
- 4.2. Решение систем линейных алгебраических уравнений итерационными методами.**
1. Решить систему уравнений методом простой итерации
 - Оценить на основе заданной точности необходимое количество итерации.
 - Оценить влияние выбора начального приближения на скорость сходимости решения.
 - Оценить достигнутую точность решения.
 2. Решить систему уравнений методом простой Зейделя
 - Оценить точность решения
 3. Сравнить методы по достигаемой точности и скорости сходимости.

Варианты заданий

Вариант №1

A:					B:
	-44	31	37	10	-67
	26	86	-7	-79	3
	-44	81	-53	46	75
	55	23	61	27	69

Вариант №2

A:					B:
	6	5	45	-40	17
	33	-66	-46	7	77
	41	71	-42	88	-59
	2	67	9	62	86

Вариант №3

A:					B:
	-46	-26	-45	-36	58
	35	53	48	87	2
	30	-70	4	-20	-1
	-50	9	47	-37	-25

Вариант №4

A:					B:
	-15	-61	-58	3	77
	-40	-8	-64	39	2
	-74	14	-43	32	68
	5	88	12	39	-79

Тема №2 Определение собственных значений матрицы

1.Цель и задачи работы Целью работы является формирование у студентов навыков комплексного применения различных алгоритмов и методов численного решения алгебраических задач.

Задачи :

- Изучение алгоритмов точных методов нахождения собственных значений матрицы.
- Изучение алгоритмов приближенных (итерационных) методов решений алгебраических уравнений, методов оценки точности получаемых решений, особенностей и границ применимости методов.
- Изучение алгоритмов приближенных (итерационных) методов нахождения собственных значений матрицы, а также методов оценки точности получаемых решений, особенностей и границ применимости методов.

2.Теоретическая справка.

2.1 Точные методы. К точным (прямым) относят методы, в которых решение получается за конечное число действий. Эти методы используются, как правило, в рамках решения полной проблемы собственных значений, т. е. определения всего спектра собственных значений заданной матрицы..

Наиболее распространенными являются методы Крылова, Данилевского. В методе Крылова решение задачи предполагает следующие этапы:

- формирование характеристического уравнение, определение его коэффициентов;
- нахождение корней характеристического уравнения – собственных чисел матрицы;
- нахождение собственных векторов заданной матрицы.

Погрешность точных методов, обуславливается только погрешностями округлений в ходе алгебраических операций.

2.1 Приближенные методы. К приближенным относят методы, основанные на рекуррентных соотношениях, позволяющих находить искомые характеристики в ходе итерационных процедур в виде некоторых последовательностей, сходящихся к точным значениям определяемых величин. С использованием приближенных методов может решаться как полная, так и частичная проблема собственных значений. Наиболее просты алгоритмы, позволяющие находить первые собственные числа и векторы, основанные на методах, использующих счет на установление и обратные итерации со сдвигом.

Погрешность итерационных методов, складывается из погрешности метода и погрешности округлений в ходе алгебраических операций. Наиболее существенна погрешность метода, которая оценивается по специальным формулам.

2.3 Литература . Более подробно вопросы построения рекуррентных соотношения, описание особенностей алгоритмов вычислений приведены в следующих учебниках[и монографиях.

5. Бахвалов Н.С. Численные методы.-М.:Наука,1973.- 632 с.

6. Калиткин Н.Н. Численные методы.-М.:Наука,1978.- 416 с.

7. Березин И.С., Жидков Н.М. Методы вычислений, т.1,;Наука,1978.- 640 с.

8. Адамов В.И. Курс лекций по методам вычислений. Рукопись. Размещена на сайте ТулГУ

3. Объект исследования. Объектом исследования является квадратная матрица, а также алгебраические уравнения высокого порядка, корни которых не могут быть найдены точными методами. Решение задачи может быть реализовано на основе самостоятельно разработанной программы, создаваемой в среде “Pascal” или “Mathcad”.

4. Задачи, используемые в самостоятельной работе, для отработки навыков применения изучаемых методов.

4.1 Нахождение собственных значений матрицы с использованием точного метода Крылова (Решение полной проблемы собственных значений).

1. Сформировать характеристическое уравнение, определить его коэффициенты.
2. Определить корни характеристического уравнения, используя любые два из итерационных методов (дихотомии, хорд, касательных). Оценить достигнутую точность решения
3. Используя рекуррентные соотношения метода Крылова, найти компоненты собственных векторов.

4.2. Нахождение собственных значений матрицы с использованием итерационных методов. (В рамках решения частичной проблемы собственных значений).

1. Сформировать рекуррентные соотношения выбранного итерационного метода.
2. Вычислить в рамках итерационной процедуры первые два собственных числа и собственных вектора с заданной точностью.
3. Сравнить процессы нахождения собственных значений при использовании двух критериев достижения результата (нормальной и повышенной точности).

При нахождении последующих собственных чисел использовать алгоритмы:

- с модификацией исходной матрицы;
- с выбором вектора начального приближения ортогонального первому собственному направлению.

4.3. Сравнить методы (точные и итерационные) по достигаемой точности, скорости нахождения решения.

Варианты заданий

Вариант №1

625	1008	42	-2784
1008	5041	-275	189
42	-275	3844	204
-2784	189	204	6241

Вариант №11

3600	660	1820	-392
660	2500	2623	390
1820	2623	324	6205
-392	390	6205	100

Вариант №2

1225	-203	770	-858
-203	1849	-231	3024
770	-231	4225	2024
-858	3024	2024	3364

Вариант №12

1521	3245	2812	2407
3245	5041	-616	3360
2812	-616	2500	1734
2407	3360	1734	1296

Вариант №3

121	-3430	-1421	2632
-3430	1156	-3763	380
-1421	-3763	5184	-819
2632	380	-819	256

Вариант №13

2809	4818	-2294	-1989
4818	144	-1092	-1
-2294	-1092	3844	-1943
-1989	-1	-1943	4900

Вариант №4

5776	220	-2262	-234
220	5041	2418	648
-2262	2418	529	-59
-234	648	-59	4096

Вариант №14

100	-438	2336	4896
-438	2809	168	440
2336	168	1156	-2989
4896	440	-2989	81

Вариант №5

4489	-198	2394	-29
-198	64	-295	-1820
2394	-295	6400	3283
-29	-1820	3283	5776

Вариант №15

2500	2541	-4350	-126
2541	1369	-2178	-528
-4350	-2178	49	-3864
-126	-528	-3864	2500

Тема №3 Аппроксимация функций

1.Цель и задачи работы Целью работы является формирование у студентов представления о методах аппроксимации (приближения) функций, достигаемой точности, необходимых ресурсах и областях применения изучаемых методов.

Задачи :

- Изучение методов интерполяции сложных выражений, а также функций, заданных таблично, с использованием полиномов Лагранжа и Ньютона, оценок точности получаемых приближений, границ применимости.
- Изучение алгоритмов приближения сложных выражений, а также функций, заданных таблично, на основе метода наименьших квадратов, оценок точности получаемых приближений, границ применимости
- Изучение алгоритмов приближения сложных выражений, а также функций, заданных таблично, на основе метода наименьших квадратов, оценок точности получаемых приближений, границ применимости

2.Теоретическая справка. Проблема построения приближения функции возникает в случае, если существует необходимость упрощения выражения исходной функции с целью уменьшения трудоемкости проводимых с использованием этой функции вычислений, а также в случае необходимости восстановления аналитического выражения функции, заданной таблично. В зависимости от условий задачи операцию приближения можно реализовать несколькими способами. В данной работе изучаются следующие методы приближения исходных функций алгебраическими полиномами.

2.1 Приближение на основе интерполяции. Исходная функция приближается алгебраическим полиномом порядка “n”, неизвестные коэффициенты которого определяются из условия совпадения интерполирующего полинома и исходной функции в “n” точках интервала приближения.

Погрешность приближения зависит от степени полинома и шага интерполирования.

2.2 Приближение на основе метода наименьших квадратов. Используется при неточном задании исходной функции или в случае необходимости приближения функции на конечном интервале полиномом невысокой степени. В этом случае коэффициенты аппроксимирующего полинома подбираются из условия обеспечения минимизации нормы отклонения исходной функции от приближающего полинома на рассматриваемом интервале.

2.3 Приближение на основе метода сплайн аппроксимации. Позволяет получить приближение заданной функции достаточно высокой степени гладкости на классе полиномов сравнительно невысокого порядка. В данной работе изучаются алгоритмы сплайн аппроксимации на основе полиномов третьего порядка.

Для оценки погрешности используются формулы априорных и апостериорных оценок.

2.4 Литература . Более подробно вопросы построения рекуррентных соотношения, описание особенностей алгоритмов вычислений приведены в следующих учебниках[и монографиях.

1. Бахвалов Н.С. Численные методы.-М.:Наука,1973.- 632 с.
2. Калиткин Н.Н. Численные методы.-М.:Наука,1978.- 416 с.
3. Березин И.С., Жидков Н.М. Методы вычислений, т.1,:Наука,1978.- 640 с.
4. Адамов В.И. Курс лекций по методам вычислений. Рукопись. Размещена на сайте ТулГУ

3. Объект исследования. Объектом исследования является заданное аппроксимируемое разными способами выражение. Решение задачи может быть реализовано на основе самостоятельно разработанной программы, создаваемой в среде “Pascal” или “Mathcad”.

4. Задачи, используемые в лабораторной работе, для отработки навыков применения изучаемых методов

4.1. Интерполяция функций при помощи полиномов Лагранжа и Ньютона.

1. Построить для заданной функции с учетом заданной точности аппроксимации интерполяционный полином Лагранжа.
 - Оценить влияние шага интерполяции и степени интерполяционного полинома на точность аппроксимации.
2. Построить для заданной функции с учетом заданной точности аппроксимации интерполяционный полином Ньютона для равноотстоящих узлов.
 - Оценить априорную и апостериорную погрешности
 - Сравнить погрешности с реальной ошибкой, допускаемой при интерполировании..
3. Сравнить методы по достигаемой точности и требованиям к ресурсам

4.2. Построение приближений функций на основе метода наименьших квадратов

1. Для заданной точности приближения функции подобрать необходимый порядок аппроксимирующего полинома.
2. Оценить точность полученного приближения.

4.3 Построение приближений функций на основе метода сплайн аппроксимации.

1. Построить аппроксимацию заданной функции с использованием сплайнов третьего порядка.
2. Оценить точность полученного приближения.

Варианты выражений приближаемых функций и интервалов приближения

Вариант 1.	a=0,5; b=-0,4; k=1/n		F(x) = a x + bSin kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5
Вариант 2.	a=0,5; b=-0,4; k=1/n		F(x) = a x + bCos kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5
Вариант 3.	a=0,8; b=0,4; k=1/n		F(x) = a x + bSin kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5
Вариант 4.	a=1;0, b=0,4; k=1/n		F(x) = a x + bCos kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5
Вариант 5.	a=1;0, b=-0,8; k=1/n		F(x) = a x + bSin kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5
Вариант 6.	a=1,2; b=-0,8; k=1/n		F(x) = a x + bCos kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5
Вариант 7.	a=1,4; b=-1,0; k=1/n		F(x) = a x + bSin kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5
Вариант 8.	a=1,6; b=-1,4; k=1/n		F(x) = a x + bCos kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5
Вариант 9.	a=1,8; b=1,4; k=1/n		F(x) = a x + bSin kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5
Вариант 10.	a=2,0; b=-1,4; k=1/n		F(x) = a x + bCos kx		
X=	0.1	0.2	0,25	0,4	0,5

Тема №4 Методы численного интегрирования

1.Цель и задачи работы Целью работы является формирование у студентов навыков вычисления интегралов, знаний о достигаемой точности, необходимых ресурсах и областях применения изучаемых методов.

Задачи :

- Изучение алгоритмов вычисления интегралов на основе группы методов Ньютона-Котеса.
- Изучение алгоритмов вычисления интегралов на основе метода Гаусса.

2.Теоретическая справка.

Для вычисления интегралов используются формулы механических квадратур, получаемые посредством интегрирования алгебраического полинома, интерполирующего подынтегральное выражения на заданном интервале.

2.1 Методы Ньютона-Котеса Выделяют группу методов Ньютона-Котеса, алгоритмы которых строятся на равномерной сетке- конечной совокупности равноотстоящих значений независимого переменного (узлов) приближающей непрерывную область интегрирования.

Точность методов зависит от порядка аппроксимирующего подынтегральное выражение полинома и расстояния между узлами и может быть улучшена применением на заданном интервале обобщенных формул Ньютона-Котеса.

2.2. Метод Гаусса, позволяющий достичь более высокой степени алгебраической точности по сравнению с подходом Ньютона-Котеса, предполагает построение формул механических квадратур на неравномерной сетке, узлы которой являются корнями ортогональных многочленов.

Для получения апостериорной оценки точности вычисления интеграла, а также для вычисления уточненных значений используются методы Рунге-Ромберга, а также процесс Эйткена, предполагающие проведение серии вычислений интегралов на сгущающихся сетках.

2.3 Литература . Более подробно вопросы построения рекуррентных соотношения, описание особенностей алгоритмов вычислений приведены в следующих учебниках[и монографиях.

1. Бахвалов Н.С. Численные методы.-М.:Наука,1973.- 632 с.
2. Калиткин Н.Н. Численные методы.-М.:Наука,1978.- 416 с.
3. Березин И.С., Жидков Н.М. Методы вычислений, т.1,;Наука,1978.- 640 с.
4. Адамов В.И. Курс лекций по методам вычислений. Рукопись. Размещена на сайте ТулГУ

3. Объект изучения. Объектом изучения является система линейных алгебраических уравнений. Решение задачи может быть реализовано на основе самостоятельно разработанной программы, создаваемой в среде “Pascal” или “Mathcad”.

4. Задачи, используемые в самостоятельной работе, для отработки навыков применения изучаемых методов.

4.1. Вычисление интегралов на основе группы методов Ньютона-Котеса.

1. Вычислить интеграл с использованием формул:
 - средних прямоугольников;
 - трапеций;
 - Симпсона
2. Оценить полученную точность вычисленного значения интеграла.
3. Вычислить значение интеграла с заданной точностью, используя обобщенные формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона.
4. Вычислить значение интеграла, используя формулы Ньютона-Котеса более высокого порядка.

5. Оценить точность вычислений на основе метода Рунге-Ромберга.
6. Оценить точность вычислений и эффективный порядок точности метода средних прямоугольников с использованием процесса Эйткена.
7. Сравнить оценки погрешности по Рунге-Ромбергу и Эйткену с реальной погрешностью.
8. Сравнить методы по достигаемой точности и требованиям к ресурсам

4.2. Вычисление интегралов на основе метода Гаусса

1. На основе априорной оценки погрешности выбрать порядок формулы метода Гаусса и вычислить приближенное значение интеграла.
2. Сравнить приближенное значение интеграла с точным значением.

В завершение работы сравнить алгоритмы Ньютона-Котеса и Гаусса.

Варианты подынтегральных выражений

1.	Вариант 1.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	1	1	6	0,2-:-1,1
2.	Вариант 2.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	-2	2	5	0,3-:-2,1
3.	Вариант 3.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	3	3	8	0,4-:-3,1
4.	Вариант 4.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	-4	4	7	0,2-:-5,2
5.	Вариант 5.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	5	5	9	0,1-:-1,2
6.	Вариант 6.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	-6	6	1	0,3-:-4,1
7.	Вариант 7.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	7	7	2	0,4-:-5,1
8.	Вариант 8.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	-8	8	3	0,6-:-4,1
9.	Вариант 9.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	9	9	4	0,3-:-2,2
10	Вариант 10.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	-10	10	1	0,2-:-3,1
11	Вариант 11.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	-1	11	5	0,1-:-4,1
12	Вариант 12.	a	b	c	Интервал интегрирования
	$F(x) = a/(b+cx)$	2	12	6	0,2-:-4,1

4. Оценка качества усвоения дидактических элементов курса

Оценка качества усвоения дидактических элементов курса в ходе лекционных, практических занятий и самостоятельной работы осуществляется в рамках текущей и промежуточной итоговой аттестаций.

Оценка качества усвоения студентами дидактических элементов дисциплины в рамках текущей аттестации осуществляется с использованием тестовых заданий, используемых в письменных и устных контрольных мероприятиях в течение семестра.

Выполняя задания практических занятий и планируя самостоятельную работу, студенты должны ориентироваться на достижение следующих уровней знаний и умений по дисциплине «Методы вычислений»:

Целостное представление дидактических элементов курса и умение применять изученные методы в комплексе отрабатывается в ходе выполнения курсовой работы и контролируется в ходе промежуточной итоговой аттестации

5 Учебно-методическое обеспечение практических занятий

5.1 Основная литература

1. Мицель А.А. Вычислительные методы. Учебное пособие (книга), 2013, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент. Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/20466.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Адамов В.И. Курс лекций «Методы вычислений»2016

5.2 Дополнительная литература

1. Бахвалов Н.С. Численные методы.-М.:Наука,1973.- 632 с.
- 2.Березин И.С., Жидков Н.М. Методы вычислений, т.1,2.-М.:Наука,1978.-640с.
3. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы- М. Наука, 1977. - 440 с.
4. Демидович Б.П., Марон И.А. Численные методы анализа. - М.: Наука, 1967.- 368 с.
5. Зенкевич О., Морган З. Конечные элементы и аппроксимация. -М.:Мир, 1986.- 320 с.
6. Калиткин Н.Н. Численные методы.-М.:Наука,1978.- 416 с.
7. Мысовских Н.П. Лекции по методам вычислений.-М.:Наука,1962.- 344 с.
8. Самарский А.А., Николаев В.С. Методы решения сеточных уравнений.- М. Наука, 1977.- 590 с.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Известия Российской академии наук. Механика твердого тела [электронный ресурс] : научное периодическое издание: журнал/ РАН. - М.: Наука/Интерпериодика, 1966 -. - ISSN 0572-3299- Режим доступа <http://elibrary.ru/issues.asp?id=7828>, со всех компьютеров НБ ТулГУ, по паролю
2. Прикладная механика и техническая физика [электронный ресурс] : научное периодическое издание: журнал/ СО РАН. - М.: Наука/Интерпериодика, 1960 - . - ISSN 0869-032- Режим доступа: <http://elibrary.ru/issues.asp?id=7609>, со всех компьютеров НБ ТулГУ, по паролю
3. Прикладная математика и механика [электронный ресурс] : научное периодическое издание: журнал/ РАН. - М.: Наука/Интерпериодика, 1966 - . - ISSN 0032-8235.- Режим доступа : <http://elibrary.ru/issues.asp?id=7956>, со всех компьютеров НБ ТулГУ, по паролю
4. Успехи математических наук/ Российская академия наук. - М.: Наука, 1995-ISSN 0042-1316
5. Электронный читальный зал “БИБЛИОТЕХ” : учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.- Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.- Загл. с экрана

6. ЭБС [IPRBooks](http://www.iprbookshop.ru/) универсальная базовая коллекция изданий. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>, по паролю.- Загл. с экрана
7. Научная Электронная Библиотека [eLibrary](http://elibrary.ru/) - библиотека электронной периодики.- Режим доступа: <http://elibrary.ru/> , по паролю.- Загл. с экрана.
8. НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа, режим доступа <http://cyberleninka.ru/> ,свободный.- Загл. с экрана
9. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http://window.edu.ru.](http://window.edu.ru/) ,свободный.-Загл. с экрана.
10. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http://exponenta.ru.](http://exponenta.ru/) ,свободный.-Загл. с экрана.