

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Численные методы решения прикладных задач механики и физики M2.ДВ.1

Направление подготовки: 231300.68 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Задворнов О.А.

Рецензент(ы):

Бадриев И.Б.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 9109714

Казань
2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Задворнов О.А. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики, Oleg.Zadvornov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Главная цель освоения дисциплины (или модуля) "Численные методы решения прикладных задач механики и физики" заключается в разработке обобщенного метода расчета тепло- и массообмена, течений жидкости и связанных с ними процессов. Среди различных методов расчета многообещающим является численное решение.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 231300.68 Прикладная математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Данная дисциплина относится к циклу профессиональных дисциплин.

Читается на 1 курсе в 1 семестре для магистров обучающихся по направлению Прикладная математика (Математическое моделирование).

Изучение основывается на результатах изучения дисциплин "Алгебра и геометрия", "Численные методы", "Методы конечных элементов".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, расширять и углублять свое научное мировоззрение
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способностью ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения
ОК-9 (общекультурные компетенции)	способностью анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью проводить экономический анализ работ, обосновывать оптимальность решения с учетом различных требований
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью разрабатывать эффективные математические методы решения задач естествознания, техники, экономики и управления
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью разрабатывать наукоемкое программное обеспечение работы конкретного предприятия

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью и готовностью проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

математические модели таких процессов, как турбулентность, горение и излучение

2. должен уметь:

анализировать и интерпретировать численные результаты

3. должен владеть:

знаниями, связанными с тепло-и массообменом, течением жидкости, химическими реакциями и другими процессами, происходящими в элементах технологического оборудования, окружающей среде и живых организмах.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

построение численного метода, обладающего, насколько это возможно, наибольшей общностью

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Математическое описание физических процессов	1		4	2	0	домашнее задание
2.	Тема 2. Методы дискретизации	1		2	4	0	домашнее задание
3.	Тема 3. Теплопроводность	1		6	4	0	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Конвекция и диффузия	1		6	4	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Расчет поля течения	1		6	6	0	контрольная работа
6.	Тема 6. Замечания об областях	1		2	2	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Специальные случаи	1		4	6	0	домашнее задание
8.	Тема 8. Примеры применения	1		2	4	0	реферат
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	экзамен
	Итого			32	32	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Математическое описание физических процессов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Определяющие дифференциальные уравнения. Смысл дифференциального уравнения. Обобщенное дифференциальное уравнение.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Выбор координат. Независимые переменные. Правильный выбор координат. Односторонние и двухсторонние координаты. Односторонний характер пространственной координаты.

Тема 2. Методы дискретизации

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Сущность численных методов. Концепция дискретизации. Структура дискретного аналога исходного уравнения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Методы получения дискретных аналогов. Основные правила построения дискретных аналогов

Тема 3. Теплопроводность

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Цели. Стационарная одномерная теплопроводность. Нестационарная одномерная теплопроводность.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Двух и трехмерные задачи. Методы верхней и нижней релаксаций. Некоторые геометрические соображения

Тема 4. Конвекция и диффузия

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Рассматриваемая задача. Установившиеся одномерные конвекция и диффузия. Дискретный аналог для двумерных задач.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Дискретный аналог для трехмерных задач. Односторонняя пространственная координата. Схемная искусственная диффузия

Тема 5. Расчет поля течения

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Обоснование необходимости в специальной методике. Трудности расчета поля давления. Шахматная сетка. Уравнения количества движения.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Поправки скорости и давления. Уравнение для поправки давления. Алгоритм SIMPLE. Модифицированный алгоритм SIMPLER

Тема 6. Замечания об областях

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Итерационный характер методики расчета. Линеаризация источникового члена.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Области с неправильной геометрией. Ортогональные криволинейные координаты. Регулярная сетка с заблокированными областями.

Тема 7. Специальные случаи

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Двухмерное параболическое течение. Трехмерное параболическое течение.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Частично параболическое течение. Метод конечных элементов

Тема 8. Примеры применения

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Развивающееся течение в изогнутой трубе. Смешанная конвекция в горизонтальной трубе. Плавление около вертикальной трубы. Турбулентное течение и теплообмен в трубах с внутренним оребрением.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Турбулентная струя в поперечном потоке. Самоперемешивающаяся струя в эжекторе для увеличения тяги. Периодическое полностью развитое течение в канале. Исследование теплогидравлических характеристик парогенератора

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Математическое описание физических процессов	1		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
2.	Тема 2. Методы дискретизации	1		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
3.	Тема 3. Теплопроводность	1		подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
4.	Тема 4. Конвекция и диффузия	1		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
5.	Тема 5. Расчет поля течения	1		подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Замечания об областях	1		подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
7.	Тема 7. Специальные случаи	1		подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
8.	Тема 8. Примеры применения	1		подготовка к реферату	6	реферат
	Итого				44	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лекционных и практических занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Теоретический материал излагается на лекциях. Причем конспект лекций, который остается у студента в результате прослушивания лекции не может заменить учебник. Его цель - формулировка основных утверждений и определений. Прослушав лекцию, полезно ознакомиться с более подробным изложением материала в учебнике.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические занятия, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки, контролировать каждый день выполнения работы.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Математическое описание физических процессов

домашнее задание , примерные вопросы:

Смысл дифференциального уравнения. Сохранение химической компоненты. Уравнение энергии. Уравнение количества движения. Усредненные по времени уравнения для турбулентного течения. Уравнение для кинетической энергии турбулентности. Обобщенное дифференциальное уравнение. Независимые переменные. Правильный выбор координат. Односторонние и двухсторонние координаты. Односторонний характер пространственной координаты. Термины параболический, эллиптический, гиперболический. ЗАДАЧИ Запишите нестационарное уравнение теплопроводности для случая постоянной удельной теплоемкости c . Покажите, что для приведения его к обобщенному виду необходимо обозначить $\Phi = T$, $u = 0$, $T=k/c$ и $S=Sh/c$

Тема 2. Методы дискретизации

домашнее задание , примерные вопросы:

Концепция дискретизации. Структура дискретного аналога исходного уравнения. Использование рядов Тэйлора. Вариационный метод. Метод взвешенных невязок. Метод контрольного объема. Пример применения метода контрольного объема. Правило 1. Соответствие потоков на границах контрольного объема. Правило 2. Положительность коэффициентов. Правило 3. Отрицательность коэффициента при линеаризации источникового члена. Правило 4. Сумма соседних коэффициентов.

Тема 3. Теплопроводность

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи 1 Когда задано значение температуры на границе, уравнение для половинного контрольного объема не может быть использовано для получения поля температур. Означает ли это, что для всей расчетной области при заданных температурных граничных условиях не соблюден закон сохранения энергии?

2 Для смешанной радиационно-кондуктивной задачи источниковый член выражается как $S = a(T_0 - T)$, где a и T_0 — постоянные, a — положительная величина. Запишите аппроксимирующую линеаризацию для источникового члена.

3 Рассмотрите нестационарную теплопроводность в бесконечной пластине. Одна сторона пластины изолирована, к другой подводится постоянный тепловой поток. После начального периода профиль температуры приобретает постоянную форму и все температуры будут возрастать во времени с постоянной скоростью. Эта скорость связана с суммарным тепловым потоком через поверхность. Поставьте и решите задачу методом стационарной теплопроводности

Тема 4. Конвекция и диффузия

домашнее задание , примерные вопросы:

Понятия конвекции и диффузии. Установившиеся одномерные конвекция и диффузия. Предварительный анализ. Схема против потока. Экспоненциальная схема. Комбинированная схема. Схема со степенным законом. Общая формулировка дискретного аналога. Результаты применения различных схем. Дискретный аналог для двумерных задач. Дискретный аналог для трехмерных задач. Односторонняя пространственная координата. Условие на выходной границе потока. Общий взгляд на искусственную диффузию. Детальный анализ искусственной диффузии.

Тема 5. Расчет поля течения

контрольная работа , примерные вопросы:

Основная трудность определения поля скорости. Методы, основанные на решении уравнения для вихря. Трудности расчета поля давления. Аппроксимация градиента давления. Аппроксимация уравнения неразрывности. Шахматная сетка. Уравнения количества движения. Поправки скорости и давления. Уравнение для поправки давления. Алгоритм SIMPLE. Граничные условия к уравнению для поправки давления. Относительный характер давления. Модифицированный алгоритм *simpler*. Причина разработки модифицированного варианта. Уравнение для давления.

Тема 6. Замечания об областях

домашнее задание , примерные вопросы:

Итерационный характер методики расчета. Линеаризация источникового члена. Линеаризация источника для случая всегда положительных переменных. Области с неправильной геометрией. Ортогональные криволинейные координаты. Регулярная сетка с заблокированными областями. Сопряженный теплообмен.

Тема 7. Специальные случаи

домашнее задание , примерные вопросы:

Двухмерное параболическое течение. Трехмерное параболическое течение. Частично параболическое течение. Метод конечных элементов. Метод конечных элементов на основе интегрирования по контрольному объему.

Тема 8. Примеры применения

реферат , примерные темы:

Развивающееся течение в изогнутой трубе. Смешанная конвекция в горизонтальной трубе. Плавление около вертикальной трубы. Турбулентное течение и теплообмен в трубах с внутренним оребрением. Турбулентная струя в поперечном потоке. Самоперемешивающаяся струя в эжекторе для увеличения тяги. Периодическое полностью развитое течение в канале. Исследование теплогидравлических характеристик парогенератора

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Вопросы для текущего контроля

1. Смысл дифференциального уравнения.

2. Сохранение химической компоненты.
3. Уравнение энергии.
4. Уравнение количества движения.
5. Усредненные по времени уравнения для турбулентного течения.
6. Уравнение для кинетической энергии турбулентности.
7. Обобщенное дифференциальное уравнение.
8. Независимые переменные.
9. Правильный выбор координат.
10. Односторонние и двухсторонние координаты.
11. Односторонний характер пространственной координаты.
12. Термины параболический, эллиптический, гиперболический.
13. Концепция дискретизации.
14. Структура дискретного аналога исходного уравнения.
15. Использование рядов Тэйлора.
16. Вариационный метод.
17. Метод взвешенных невязок.
18. Метод контрольного объема.
19. Пример применения метода контрольного объема.
20. Правило 1. Соответствие потоков на границах контрольного объема.
21. Правило 2. Положительность коэффициентов.
22. Правило 3. Отрицательность коэффициента при линеаризации источникового члена.
23. Правило 4. Сумма соседних коэффициентов.
24. Основные уравнения стационарной одномерной теплопроводности.
25. Сетка одномерной задачи теплопроводности.
26. Теплопроводность граней контрольного объема.
27. Нелинейность одномерной задачи теплопроводности.
28. Граничные условия одномерной задачи теплопроводности.
29. Решение линейных алгебраических уравнений.
30. Обобщенный дискретный аналог нестационарной одномерной задачи теплопроводности.
31. Явная, Кранка ? Николсона и полностью неявная схемы.
32. Полностью неявный дискретный аналог нестационарной одномерной задачи теплопроводности.
33. Дискретный аналог для двух измерений.
34. Дискретный аналог для трех измерений.
35. Решение алгебраических уравнений.
36. Поточечный последовательный метод Гаусса ? Зейделя.
37. Критерий Скарбороу.
38. Метод переменных направлений (полинейный метод).
39. Методы верхней и нижней релаксации.
40. Расположение граней контрольного объема.
41. Другие системы координат.
42. Понятия конвекции и диффузии.
43. Установившиеся одномерные конвекция и диффузия.
44. Предварительный анализ.
45. Схема против потока.
46. Экспоненциальная схема.
47. Комбинированная схема.

48. Схема со степенным законом.
49. Общая формулировка дискретного аналога.
50. Результаты применения различных схем.
51. Дискретный аналог для двумерных задач.
52. Дискретный аналог для трехмерных задач.
53. Односторонняя пространственная координата.
54. Условие на выходной границе потока.
55. Общий взгляд на искусственную диффузию.
56. Детальный анализ искусственной диффузии.
57. Основная трудность определения поля скорости.
58. Методы, основанные на решении уравнения для вихря.
59. Трудности расчета поля давления.
60. Аппроксимация градиента давления.
61. Аппроксимация уравнения неразрывности.
62. Шахматная сетка.
63. Уравнения количества движения.
64. Поправки скорости и давления.
65. Уравнение для поправки давления.
66. Алгоритм SIMPLE.
67. Граничные условия к уравнению для поправки давления.
68. Относительный характер давления.
69. Модифицированный алгоритм simpler.
70. Причина разработки модифицированного варианта.
71. Уравнение для давления.
72. Итерационный характер методики расчета.
73. Линеаризация источникового члена.
74. Линеаризация источника для случая всегда положительных переменных.
75. Области с неправильной геометрией.
76. Ортогональные криволинейные координаты.
77. Регулярная сетка с заблокированными областями.
78. Сопряженный теплообмен.
79. Двухмерное параболическое течение.
80. Трехмерное параболическое течение.
81. Частично параболическое течение.
82. Метод конечных элементов.
83. Метод конечных элементов на основе интегрирования по контрольному объему.
84. Развивающееся течение в изогнутой трубе.
85. Смешанная конвекция в горизонтальной трубе.
86. Плавление около вертикальной трубы.
87. Турбулентное течение и теплообмен в трубах с внутренним оребрением.
88. Турбулентная струя в поперечном потоке.
89. Самоперемешивающаяся струя в эжекторе для увеличения тяги.
90. Периодическое полностью развитое течение в канале.
91. Исследование теплогидравлических характеристик парогенератора

Вопросы и задания для контрольных работ

Задачи

1 Когда задано значение температуры на границе, уравнение для половинного контрольного объема не может быть использовано для получения поля температур. Означает ли это, что для всей расчетной области при заданных температурных граничных условиях не соблюден закон сохранения энергии

2 Для смешанной радиационно-кондуктивной задачи источниковый член выражается как $S = a(T_0 - T_4)$, где a и T_0 — постоянные, a — положительная величина. Запишите аппроксимирующую линеаризацию для источникового члена.

3 Рассмотрите нестационарную теплопроводность в бесконечной пластине. Одна сторона пластины изолирована, к другой подводится постоянный тепловой поток. После начального периода профиль температуры приобретает постоянную форму и все температуры будут возрастать во времени с постоянной скоростью. Эта скорость связана с суммарным тепловым потоком через поверхность. Поставьте и решите задачу методом стационарной теплопроводности

Основная трудность определения поля скорости.

Методы, основанные на решении уравнения для вихря.

Трудности расчета поля давления.

Аппроксимация градиента давления.

Аппроксимация уравнения неразрывности.

Шахматная сетка.

Уравнения количества движения.

Поправки скорости и давления.

Уравнение для поправки давления.

Алгоритм SIMPLE.

Граничные условия к уравнению для поправки давления.

Относительный характер давления.

Модифицированный алгоритм *simpler*.

Причина разработки модифицированного варианта.

Уравнение для давления.

Билеты для экзамена

Билет 1

1. Явная, Кранка ? Николсона и полностью неявная схемы.

2. Структура дискретного аналога исходного уравнения.

Билет 2

1. Уравнение для поправки давления.

2. Правило применения метода контрольного объема. Соответствие потоков на границах контрольного объема.

Билет 3

1. Модифицированный алгоритм *simpler*. Уравнение для давления.

2. Метод конечных элементов на основе интегрирования по контрольному объему.

Билет 4

1. Поточечный последовательный метод Гаусса ? Зейделя.

2. Правило применения метода контрольного объема. Положительность коэффициентов.

Билет 5

1. Уравнение количества движения.

2. Алгоритм SIMPLE. Граничные условия к уравнению для поправки давления.

Билет 6

1. Сетка одномерной задачи теплопроводности.

2. Общий взгляд на искусственную диффузию.

Билет 7

1. Метод контрольного объема.
2. Правило применения метода контрольного объема. Отрицательность коэффициента при линеаризации источникового члена.

Билет 8

1. Усредненные по времени уравнения для турбулентного течения.
2. Области с неправильной геометрией.

Билет 9

1. Трехмерное параболическое течение.
2. Односторонний характер пространственной координаты.

Билет 10

1. Общая формулировка дискретного аналога.
2. Полностью неявный дискретный аналог нестационарной одномерной задачи теплопроводности.

Билет 11

1. Обобщенный дискретный аналог нестационарной одномерной задачи теплопроводности.
2. Турбулентная струя в поперечном потоке.

Билет 12

1. Периодическое полностью развитое течение в канале.
2. Правило применения метода контрольного объема. Сумма соседних коэффициентов.

Билет 13

1. Метод переменных направлений (полинейный метод).
2. Установившиеся одномерные конвекция и диффузия.

Билет 14

1. Турбулентное течение и теплообмен в трубах с внутренним оребрением.
2. Граничные условия одномерной задачи теплопроводности.

Билет 15

1. Нелинейность одномерной задачи теплопроводности.
2. Экспоненциальная схема.

7.1. Основная литература:

1. Даутов Р.З., Карчевский М.М. Введение в теорию метода конечных элементов, [Учебное пособие]. - Казань, Казанский университет, 2012. - 240 с. (с грифом УМО).
http://kpfu.ru/publication?p_id=80891
2. Даутов Р.З. Метод Галеркина с возмущениями для задач на собственные значения. [Учебное пособие]. - Казань, 2010. - 94 с. http://kpfu.ru/publication?p_id=21045
3. Даутов Р.З. Практикум по методам решения задачи Коши для систем ОДУ: учебно-методическое пособие. - Казань, 2010. - 89 с. http://kpfu.ru/publication?p_id=21046
4. Ф. Г. Авхадиев Численные методы анализа [Учебное пособие]. - Казань: КФУ, 2013
http://libweb.ksu.ru/ebooks/05_039_000398.pdf
5. Елизаров А. М. Краевые задачи механики жидкости и газа: Учебное пособие - Казань, Казанский Ун-т, 2013 197 с. http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05_038_000450.pdf

7.2. Дополнительная литература:

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы: учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков; Моск. гос. ун-т. ?4-е изд..?Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. ?636 с. ?ISBN 5-94774-396-5, 3000.
2. Самарский, А. А. Введение в численные методы: учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. ? 3-е изд., стер..?Санкт-Петербург: Лань, 2005. ?288 с. .?ISBN 5-8114-0602-9(в пер.), 3000.
3. Демидович Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения: учеб. пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова ; ред. Б. П. Демидович. ?4-е изд., стер..?СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. ?400 с..?(Учебники для вузов. Специальная литература).?ISBN 978-5-8114-0799-6: р.426.14.

7.3. Интернет-ресурсы:

Учебное пособие - http://kpfu.ru/publication?p_id=21045

учебное пособие - http://libweb.ksu.ru/ebooks/05_039_000398.pdf

учебное пособие - http://kpfu.ru/publication?p_id=80891

учебное пособие - http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05_038_000450.pdf

учебно-методическое пособие - http://kpfu.ru/publication?p_id=21046

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Численные методы решения прикладных задач механики и физики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Лекционные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 231300.68 "Прикладная математика" и магистерской программе Математическое моделирование .

Автор(ы):

Задворнов О.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Бадриев И.Б. _____

"__" _____ 201__ г.