Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.11.2026 18:40:57
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bfdf9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра прикладной математики информатики

«Утверждаю»
Проректор по учебно-
методической деятельности
_____ Ю.А. Устименко
«25» декабря 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
Б1.О.09 Непрерывные математические модели

Направление подготовки **01.04.02 Прикладная математика и информатика**
Направленность (профиль) **Математическое и программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов**
Форма обучения – очная
Курс – 1
Семестр – 2
Всего зачётных единиц – 3, часов – 108

Форма отчетности: зачёт–2 семестр

Программу разработал :кандидат педагогических наук, доцент Козлов С.В., доцент Усачев В.И.

Одобрена на заседании кафедры
«20» ноября 2025 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой _____ С.В. Козлов

Смоленск
2025

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Непрерывные математические модели» включена в обязательную часть образовательной программы по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (направленность (профиль) – Математическое и программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов). Она изучается во 2 семестре.

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы компетенции студентов, сформированные при изучении таких дисциплин, как «Математическом анализ», «Дифференциальные уравнения» и «Уравнениях математической физики» (уровень бакалавриата).

При подготовке магистров по данному направлению умение строить математические модели и знание способов решения прикладных задач в разных областях науки и техники имеют большое значение, поскольку выбранная ими сфера будущей деятельности, как правило, связана с необходимостью изучения моделей непрерывных физических процессов, экономических, биологических и социальных систем. Курс построен так, чтобы углубить и расширить объем знаний по разделам, связанным с основными вопросами математического моделирования. Освоение данной дисциплины необходимо для изучения таких дисциплин, как «Математические модели параллельной и распределенной обработки данных» и др.

Изучение курса основано на традиционных методах высшей школы, тесной взаимосвязи со смежными курсами, на использовании современной учебной и методической литературы, а также на применении современных математических пакетов для моделирования непрерывных процессов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ОПК-1. Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	**Знает**: современный аппарат математики и базовые методики и алгоритмы его применения для решения актуальных задач фундаментальной и прикладной математики. **Умеет**: выбирать необходимые методы решения и решать задачи фундаментальной и прикладной математики. **Владеет**: навыками решения базовых задач фундаментальной и прикладной математики.
ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	**Знает**: современный аппарат фундаментальной и прикладной математики, методы решения базовых прикладных задач и основные алгоритмы их совершенствования и модификации для решения прикладных задач. **Умеет**: совершенствовать и реализовывать новые математические методы, необходимые для решения конкретных прикладных задач. **Владеет**: навыками использования полученных теоретических сведений для создания и реализации новых математических методов решения прикладных задач.
ОПК-3. Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	**Знать**: базовые методы разработки, анализа, модификации и применения математических моделей, современные методы математического моделирования в решении прикладных задач; **Уметь**: применять аппарат математического моделирования для решения прикладных задач; **Владеть:** навыками работы с инструментальными средствами математического моделирования предметной области, прикладных и информационных процессов.

3. Содержание дисциплины

1. Введение в теорию непрерывных математических моделей.Методы построения непрерывных математических моделей. Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям. Линейные и нелинейные обыкновенные дифференциальные уравнения и системы. Уравнения в частных производных.

2. Математическое моделирование физических процессов. Уравнения распространения звуковых колебаний. Описание распространения тепла. Волновое уравнение. Уравнение Пуассона, Лапласа, Гельмгольца.

3. Математическое моделирование динамических, экономических, биологических и социальных систем.Экономика как динамическая система. Модель Солоу. Модель Эванса.Модель развития популяций. Модель войны Ланкастера.Модель Мальтуса. Многоуровневая социальная модель.Кривая Джинни.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы итемы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1.	Введение в теорию непрерывных математических моделей	30	4	4	22
2.	Математическое моделирование физических процессов	38	6	6	26
3.	Математическое моделирование динамических экономических, биологических и социальных систем	40	6	6	28
	Всего за семестр	108	16	16	76

5. Виды учебной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция 1.Понятие о математическом моделировании. Особенности непрерывного математического моделирования. Основной аппарат. Понятие «жесткой» и «мягкой» модели. Простейшая модель борьбы - модель Ланкастера. «Смягчение» модели. Простейшая модель роста - модель Мальтуса. Логистическая модель.

Лекция 2.Дифференциальные уравнения и их системы, как основной элемент построения непрерывной математической модели. Устойчивость модели, как один из основных вопросов исследования. Понятие устойчивости решения дифференциального уравнения и системы дифференциальных уравнений. Условия устойчивости линейных систем. Исследование устойчивости по первому приближению. Устойчивость при постоянно действующих возмущениях.

Лекция 3.Дифференциальные уравнения в частных производных. Примеры моделей, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных. Методы расчета таких моделей. Пример: распространение волн в ограниченном и неограниченном объеме.

Лекция 4.Описание процессов переноса. Распространение тепла в стержне. Остывание круглого стержня. Использование специальных функций. Физический анализ явлений.

Лекция 5.Физические модели, описываемые эллиптическими уравнениями. Задачи Дирихле и Неймана. Различные подходы к решению. Метод разделения переменных.Элементы теории потенциала. Метод функции Грина.

Лекция 6.Уравнение Гельмгольца, как другой тип эллиптического уравнения. Физический смысл его решений в зависимости от знака λ. Приведение произвольного эллиптического уравнения 2-го порядка к уравнению Гельмгольца. Условия излучения.

Лекция 7.Математические модели в экономике. Кривая Джинни. Модель Эванса установления равновесной цены. Базовая модель Солоу. «Золотое правило» экономического роста.

Лекция 8.Математические модели в биологических и социальных системах. Модель развития популяций. Модель войны Ланкастера.Модель Мальтуса. Многоуровневая социальная модель.

Занятия семинарского типа

Практическое занятие № 1.Типы математических моделей. Основные требования к модели.

Содержание занятия:

1.Классификация математических моделей;
2. Принцип единства и множественности моделей;
3. Основные требования к модели;
4. Математическая адекватность модели;
5. Основные этапы построения математической модели.

Практическоезанятие №2. Качественный анализ систем дифференциальных уравнений.

Содержание занятия:

1. Фазовый портрет системы дифференциальных уравнений.
2. Устойчивость линейной системы.
3. Анализ простейших моделей.
4. Модель Лотка - Вольтерра.

Практическоезанятие №3.Модели с использованием уравнений в частных производных.

Содержание занятия:

1. Дифференциальные уравнения в частных производных. Общие понятия.
2. Примеры модельных задач.
3. Решение волнового уравнения. Электронна прямой.
4. Уравнение Шредингера.

Практическое занятие №4.Модель переноса излучения. Численные методы решения уравнения переноса.

Содержание занятия:

1. Вывод уравнения переноса и области его применения
2. Численные методы решения уравнения переноса
3. Приближенные методы решения уравнения переноса

Практическоезанятие №5. Модели с использованием эллиптических уравнений.

Содержание занятия:

1. Эллиптические уравнения.
2. Решение задачи Дирихле для плоских и пространственных областей.
3. Физическая трактовка.
4. Различные методы решения.

Практическоезанятие №6. Модели с использованием уравнения Гельмгольца.

Содержание занятия:

1. Уравнение Гельмгольца. Решение уравнения Гельмгольца.
2. Приведение эллиптического уравнения 2-го порядка к уравнению Гельмгольца.
3. Условия излучения.

Практическоезанятие №7.Непрерывные математические модели в экономике.

Содержание занятия:

1. Математические модели в экономике.
2. Модели конкуренции
3. Система «ресурс-потребитель» с независимым ресурсом.
4. Взаимоотношения в системе «хищник-жертва».
5. Эволюционная оптимальность выживших видов.

Практическоезанятие№8. Жесткие и мягкие математические модели. Модели соперничества.

Содержание занятия:

1. Модель войны или сражения.
2. Оптимизация как путь к катастрофе
3. Жесткая модель как путь к ошибочным предсказаниям
4. Опасность многоступенчатого управления и математическая модель перестройки
5. Модель «Гонка вооружений между двумя странами»;
6. Модель «Боевые действия двух армий».

Самостоятельная работа

1. Самостоятельное изучение отдельных вопросов курса

Часть теоретических вопросов курса выносится на самостоятельное изучение студентами. При самостоятельном изучении вопроса студент должен познакомиться с содержанием соответствующей темы по одному из учебников, указанных в списке основной литературы, при необходимости могут использоваться источники из списка дополнительной литературы, а также рекомендованные ресурсы сети «Интернет». По каждому вопросу необходимо составить краткий конспект.

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение

1. Интегро-дифференциальное уравнение переноса и методы его решения.
2. «Жесткие» и «мягкие» математические модели.
3. Экономика как динамическая система.
4. Модель Солоу.
5. Модель Эванса.
6. Модель развития популяций.
7. Модель войны Ланкастера.
8. Модель Мальтуса.
9. Многоуровневая социальная модель.
10. Кривая Джинни.

2. Самостоятельное решение задач

Методические рекомендации студенту по самостоятельному решению задач. Перед решением задач студенту рекомендуется познакомиться с необходимыми теориями и законами, используя материалы лекций, а также источники из списка основной и дополнительной литературы, ресурсы сети «Интернет».

Решение каждой задачи должно содержать следующие пункты:

1) Краткая запись условия размещается в левом верхнем углу листа и отделяется от основного решения вертикальной линией. В краткую запись включаются буквенные обозначения величин, заданных по условию задачи, и их количественные значения (при наличии). Также в краткую запись условия включаются величины, значения которых необходимо найти по условию задачи. Неизвестные величины отделяются от известных горизонтальной чертой.

2) Запись необходимых математических уравнений, отражающих физические (или иные) теории и законы, используемые при решении задачи. При записи математических уравнений необходимо следить, чтобы в них входили только известные и искомые величины.

3) Решение составленной системы математических уравнений приводится в полном объеме, без сокращений и записей вида «путем несложных математических преобразований получим…».

4) Анализ полученного ответа проводится по нескольким направлениям. Следует проанализировать численное значение на соответствие условию задачи и логическую непротиворечивость. После анализа результата, следует записать ответ к задаче.

Перечень задач для самостоятельного решения

1.Найти кривую, для которой площадь треугольника, образованного касательной, ординатой точки касания и ось абсцисс, есть величина постоянная, равная $2a$, проходящую через точку с координатами $(a,2a)$.

2.Найти кривую, обладающую следующим свойством: отрезок оси абсцисс, отсекаемый касательной и нормалью, проведенными из произвольной точки кривой равен $2a$, и проходящую через точку $(a;2a)$.

3. Приведите пример задачи, демонстрирующей устойчивость и её отсутствие, а также решение данной задачи.

4. Приведите решение уравнения Шрёдингера для частицы в потенциальной яме с непроницаемыми стенками.

5. Приведите решение уравнения Шрёдингера для квантового гармонического осциллятора.

6. Приведите решение задачи на модель эпидемии без учета выздоровления больных особей и с учетом выздоровления больных особей для для $\beta = 0.01$ и $\gamma = 0.01, 0.1, 0.2$.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

I.Контрольные вопросы для проверки теоретической подготовки к практическому занятию

1. Классификация математических моделей.
2. Принцип единства и множественности моделей.
3. Основные требования к модели.
4. Математическая адекватность модели.
5. Основные этапы построения математической модели.
6. Фазовый портрет системы дифференциальных уравнений.
7. Устойчивость линейной системы.
8. Анализ простейших моделей.
9. Модель Лотка - Вольтерра.

10. Дифференциальные уравнения в частных производных. Общие понятия.
11. Примеры модельных задач.
12. Решение волнового уравнения. Электрон на прямой.
13. Уравнение Шредингера.
14. Вывод уравнения переноса и области его применения.
15. Численные методы решения уравнения переноса.
16. Приближенные методы решения уравнения переноса.
17. Эллиптические уравнения.
18. Решение задачи Дирихле для плоских и пространственных областей.
19. Различные методы решения задачи Дирихле.
20. Уравнение Гельмгольца. Решение уравнения Гельмгольца.
21. Приведение эллиптического уравнения 2-го порядка к уравнению Гельмгольца.
22. Условия излучения.
23. Жесткие и мягкие математические модели.
24. Модели соперничества.
25. Экономика как динамическая система.
26. Модель Солоу.
27. Модель Эванса.
28. Модель развития популяций.
29. Модель войны Ланкастера.
30. Модель Мальтуса.
31. Многоуровневая социальная модель.
32. Кривая Джинни.

Критерии оценки ответов на контрольные вопросы:

Показатель	Количество баллов
1) Полнота раскрытия темы (ответ охватывает все ключевые аспекты вопроса, не упускает существенные детали)	1
2) Точность терминологии (корректно использованы понятия и термины дисциплины; отсутствуют смысловые искажения)	1
3) Логичность и структура (ответ выстроен последовательно: есть введение, основная часть, выводы; мысли связаны между собой)	1
4) Глубина понимания (показано осмысление материала: не просто пересказ, а объяснение причинно-следственных связей, принципов, механизмов)	1
5) Аргументированность (положения подкреплены примерами, ссылками на источники, формулы, теоремы или экспериментальные данные)	1
6) Самостоятельность изложения (ответ не сводится к дословному воспроизведению учебника/лекции; присутствует индивидуальная интерпретация)	1
7) Актуальность и современность (упомянуты современные исследования, технологии или дискуссии по теме (если применимо))	1
8) Корректность примеров (приведённые иллюстрации точно соответствуют теории, не содержат ошибок и не вводят в заблуждение)	1
9) Ясность и доступность (текст понятен без дополнительных уточнений; сложные моменты разъяснены; нет избыточной перегруженности)	1
10) Грамотность и оформление (отсутствуют орфографические, пунктуационные и стилистические ошибки; формулы, схемы, цитаты оформлены по правилам)	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» - 5 баллов и более; оценка «не зачтено» - менее 5 баллов.

2. Выполнение практических заданий и заданий для самостоятельной работы

Задания приведены в разделе 5 в планах практических занятий и в разделе «Самостоятельная работа»

Критерии оценивания практического задания и задания для самостоятельной работы:

№ п/п	Критерий	Балл
1.	Задание выполнено в срок (на соответствующем занятии)	1
2.	Задание выполнено студентом самостоятельно (без помощи и подсказок преподавателя)	1
3.	Результат строго соответствует заданию, служит прямым ответом на соответствующий вопрос задания	1
4.	Представленный результат проходит проверку (тестирование) на разных наборах входных данных	1
5.	Студент дает правильные пояснения о том, как выполнялось задание и каковы его результаты	1
6.	Работа оформлена в соответствии с требованиями (структура, форматирование, подписи, комментарии в коде и т. п.)	1
7.	Алгоритм/решение выстроено последовательно, блоки кода или расчётов логически разделены и обоснованы	1
8.	Использованы оптимальные методы и алгоритмы; решение не содержит избыточных или неоправданно сложных шагов	1
9.	В работе (особенно в коде или расчётах) присутствуют понятные пояснения, облегчающие восприятие	1
10.	Студент уверенно отвечает на дополнительные вопросы по заданию, демонстрирует понимание смежных аспектов задачи	1
	Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» - 5 баллов и более; оценка «не зачтено» - менее 5 баллов.

3. Проверочная работа

Образецпроверочной работы:

1. Привести уравнение к канонической форме в каждой из областей, где сохраняется его тип $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+x\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}=0$.

2. Найти закон колебания бесконечной струны, определяемый уравнением $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=a^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, если начальное отклонение задано условием

$$u(x,0)=\begin{cases}0, & \text{при } |x|\geq l\\ l-x, & \text{при } 0\leq x\leq l\end{cases}$$

где l - заданный отрезок.

3. Начальная скорость и внешняя возмущающая сила равны 0. Построить профиль струны в моменты времени $t=0,\ t=l/2a,\ t=l/a$.

Критерии оценивания проверочной работы:

№ п/п	Критерий	Балл
1.	Задание выполнено в срок (на соответствующем занятии)	1
2.	Задание выполнено студентом самостоятельно (без помощи и подсказок преподавателя)	1
3.	Результат строго соответствует заданию, служит прямым ответом на соответствующий вопрос задания	1
4.	Представленный результат проходит проверку (тестирование) на разных наборах входных данных	1
5.	Студент дает правильные пояснения о том, как выполнялось задание и каковы его результаты	1
6.	Работа оформлена в соответствии с требованиями (структура, форматирование, подписи, комментарии в коде и т. п.)	1
7.	Алгоритм/решение выстроено последовательно, блоки кода или расчётов логически разделены и обоснованы	1
8.	Использованы оптимальные методы и алгоритмы; решение не содержит избыточных или неоправданно сложных шагов	1
9.	В работе (особенно в коде или расчётах) присутствуют понятные пояснения, облегчающие восприятие	1
10.	Студент уверенно отвечает на дополнительные вопросы по заданию, демонстрирует понимание смежных аспектов задачи	1
	Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» - 5 баллов и более; оценка «не зачтено» - менее 5 баллов.

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации – **зачет**

Для определения уровня сформированности компетенций применяется процедура независимой оценки. Независимая оценка уровня сформированности компетенций осуществляется комиссией (с возможностью привлечения внешних экспертов со стороны работодателей). В состав комиссии входят 3 преподавателя: заведующий кафедрой – председатель комиссии и независимый эксперт, преподаватель, ведущий практические занятия по дисциплине «Непрерывные математические модели», преподаватель кафедры – независимый эксперт. Зачет проходит в форме просмотра портфолио.

Требования к структуре и содержанию портфолио

Портфолио студента включает в себя следующие виды деятельности и их оценки:

№ п/п	Вид деятельности	Количество заданий	Пороговая оценка	Максимальная оценка
1.	Ответы на теоретические вопросы	8 блоков вопросов	40	80
2.	Выполнение заданий для практических занятий	8 заданий	40	80
3.	Выполнение заданий для самостоятельной работы	5 заданий	25	50

4.	Проверочная работа	1 проверочная работа	5	10

Критерии и показатели оценивания портфолио по уровням

Уровень	Критерии и показатели оценивания
10 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 93-100% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
9 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 86-92% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
8 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 79-85% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
7 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 71-78% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
6 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 64-70% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
5 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 57-63% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
4 балла	По результатам оценки портфолио набрано 50-56% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
3 балла	По результатам оценки портфолио набрано 36-49% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение
2 балла	По результатам оценки портфолио набрано 21-45% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение
1 балл	По результатам оценки портфолио набрано менее 21% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение

Таблица перевода оценок из 10-ти бальной системы в бинарную систему

Оценка по 10-ти бальной системе	Оценка по бинарной системе
10, 9, 8, 7,6,5,4	зачтено
3, 2, 1	не зачтено

7. Перечень основной и дополнительной литературы

7.1. Основная литература

1. Бордовский Г.А КондратьевА.С., ЧоудериА.Физические основы математического моделирования: учебник и практикум для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 319 с. – URL: https://urait.ru/bcode/561986.

2. Гармаш А.Н. Орлова И.В., Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебник для бакалавриата и магистратуры – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 328 с. – URL: https://urait.ru/bcode/556174

3. Дубина И.Н. Основы математического моделирования социально-экономических процессов: учебник и практикум для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 335 с. – URL: https://urait.ru/bcode/560941.

4. Ефремов Ю.С., Петропавловский М.Д. Методы математической физики в пакете символьной математики Maple: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 300 с. – URL: https://urait.ru/bcode/563483.

5. Зайцев В.Ф., ПолянинА.Д. Дифференциальные уравнения с частными производными первого порядка: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 413 с. – URL: https://urait.ru/bcode/558842.

6. Стеклов В.А. Основы теории интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 427 с. – URL: https://urait.ru/bcode/563164.

7. Уравнения математической физики. Нелинейные интегрируемые уравнения: учебник для вузов / А.В. Жибер, Р.Д. Муртазина, И.Т. Хабибуллин, А.Б. Шабат. – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 375 с. – URL: https://urait.ru/bcode/562432.

8. Шевалдина О.Я. Математика в экономике: учебное пособие для вузов; под научной редакцией В. Т. Шевалдина. – М.: Издательство Юрайт, 2024. – 192 с. – URL: https://urait.ru/bcode/539321.

7.2. Дополнительная литература

1. Андронов, А. А. Теория колебаний / А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. - М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1981.

2. Бабаков, И. М. Теория колебаний / И. М. Бабаков. - М.: Дрофа, 2004.

3. Баутин, Н. Н. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости / Н. Н. Баутин, Е. А. Леонтович. - М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1990.

4. Колемаев, В. А. Экономико-математическое моделирование. Моделирование макроэкономических процессов и систем / В. А. Колемаев. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005.

5. Краснощеков, П. С. Принципы построения моделей / П. С. Краснощеков, А. А. Петров. - М.: Изд-во МГУ, 1983.

6. Левин, М. И. Математические модели экономического взаимодействия / М. И. Левин, В. Л. Макаров, А. М. Рубинов. - М.: Наука, 1993.

7. Макаров, В. Л. Математическая теория экономической динамики и равновесия / В. Л. Макаров, А. М. Рубинов. - М.: Наука, 1979.

8. Малыхин, В. И. Математическое моделирование экономики / В. И. Малыхин. - М.: Изд-во УРАО, 1998.

9. Мигулин, В. В. Основы теории колебаний / В. В. Мигулин, В. И. Медведев, Е. Р. Мустель, В. Н. Парыгин. - М.: Наука, 1988

10. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. − М.: Книжный дом «Либроком», 2011. – 192 с.

11. Орехов, Н. А. Математические методы и модели в экономике / Н. А. Орехов, А. Г. Левин, Е. А. Горбунов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004.

12. Самарский, А. А. Математическое моделирование / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - М.: Физматлит, 2001.

13. Самуэльсон, П. Экономика. Тома I, II / П. Самуэльсон. - М.: Прогресс, 1992.

14. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. - М.: Наука, 1972.

15. Арнольд В.И.“Жесткие” и “мягкие” математические модели / 3-е изд., стереотип. – М.: МЦНМО, 2011. – 32 с.

16. Шапкин А.С., Мазаева Н. П. Математические методы и модели исследования операций: Учебник для вузов/ 4-е изд. – М.: Дашков и К°, 2007. − 395 с.
17. Васильев А.В., Тихонов Н.А. Интегральные уравнения. ─ Санкт-Петербург: Лань, 2009. − 336 с.
18. Юдович В.И. Математические модели естественных наук: учебное пособие. − Санкт-Петербург, Лань, 2011. − 336 с.
19. Кориков А.М., Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие. – Томск.: ТУСУР, 2008. – 264 с.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Система дистанционного обучения Смоленского государственного университета http://moodle.smolgu.ru
2. Электронно-библиотечная система университета http://biblioteka.smolgu.ru
3. Национальный открытый университет http://www.intuit.ru
4. Образовательный математический сайт http://exponenta.ru
5. Общероссийский математический портал http://www.mathnet.ru
6. Электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета - www.lib.mexmat.ru/books/41.
7. Новая электронная библиотека - www.newlibrary.ru.
8. Российское образование (федеральный портал) - www.edu.ru.
9. Математическое бюро: решение задач по высшей математике - www.matburo.ru.
10. Нехудожественная библиотека - www.nehudlit.ru.

8. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, мультимедиапроектором, ноутбуком, колонками.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная стандартной учебной мебелью.

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

9.Программное обеспечение

KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный АО «Лаборатория Касперского», лицензия 1FB6-161215-133553-1-6231.

Microsoft Open License, лицензия 49463448 всоставе:

1. MicrosoftWindows Professional 7 Russian
2. Microsoft Office 2010 Russian

Поисковые системы сети Интернет.