

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы МЧС России»**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника
университета по учебной работе
полковник внутренней службы

А.А. Горбунов

«27» мая 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

**Направление подготовки
27.03.03 Системный анализ и управление**

уровень бакалавриата

Санкт-Петербург

1. Цели и задачи дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов»

Целью освоения дисциплины является овладение методами математического познания и методологией работой с математическими объектами в контексте их применения для решения профессионально-ориентированных задач.

В процессе освоения дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов» обучающийся формирует и демонстрирует нормативно заданные компетенции (таблица 1).

Таблица 1

Компетенции	Содержание
ПК-1	способность принимать научно-обоснованные решения на основе математики, физики, химии, информатики, экологии, методов системного анализа и теории управления, теории знаний, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности
ПСК-3	способен к оценке: вероятности (частоты) возникновения стихийных бедствий, аварий, природных и техногенных катастроф (источников ЧС), последствий кризисной ситуации, возможности применения сил и средств экстренного реагирования, возможности применения сил и средств для проведения аварийно-восстановительных операций
ПСК-4	способен к сбору, обобщению, анализу информации, прогнозированию будущей ситуации и предоставлению основных рекомендаций по ведению деятельности в области предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного характера

Задачи дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов»

Задачами дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов» являются:

– овладение специальными практическими приемами дифференцирования и интегрирования функций одной и нескольких переменных для принятия науч-

но-обоснованные решений, постановки и выполнения экспериментов по проверке их корректности и эффективности;

- усвоение принципов классификации и упрощения уравнений в частных производных и начально-краевых задач для них;
- овладение основными методами решения уравнений и задач для оценки вероятности (частоты) возникновения стихийных бедствий, аварий, природных и техногенных катастроф (источников ЧС);
- изучение основных принципов построения математических и компьютерных моделей физических процессов и явлений для прогнозирования будущей ситуации и предоставлению основных рекомендаций по ведению деятельности в области предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного характера.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Математические основы моделирования физических процессов», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Планируемые задачи и результаты обучения

Задачи обучения	Планируемые результаты обучения		
	Знать	Уметь	Владеть
Формирование компетенций (элементов компетенций)			
1. Овладение специальными практическими приемами дифференцирования и интегрирования функций одной и нескольких переменных для принятия научно-обоснованные решений, постановки и выполнения экспериментов по проверке их корректности и эффективности (ПК-1).	Основные методы дифференциального и интегрального исчисления, решения обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем.	Применять операторы дифференцирования и интегрирования к решению задач математической физики.	Навыками применения дифференциально-интегрального исчисления при решении профессионально-ориентированных задач.

Задачи обучения	Планируемые результаты обучения		
	Знать	Уметь	Владеть
Формирование компетенций (элементов компетенций)			
2. Усвоение принципов классификации и упрощения уравнений в частных производных и начально-краевых задач для них (ПК-1).	Основные виды классификации уравнений математической физики.	Использовать принципы упрощения уравнений в частных производных для решения краевых задач.	Навыками выбора классификации уравнений в частных производных и краевых задач для постановки и выполнения экспериментов по проверке их корректности и эффективности.
3. Овладение основными методами решения уравнений и задач для оценки вероятности (частоты) возникновения стихийных бедствий, аварий, природных и техногенных катастроф (источников ЧС) (ПК-1).	Базовые методы решения уравнений математической физики.	Применять основные методы решения уравнений и задач для оценки вероятности (частоты) возникновения стихийных бедствий, аварий, природных и техногенных катастроф (источников ЧС), последствий кризисной ситуации, возможности применения сил и средств экстренного реагирования, возможности применения сил и средств для проведения аварийно-восстановительных операций.	Навыками выбора методов решения уравнений и задач
4. Изучение основных принципов построения математических и компьютерных моделей физических процессов и явлений для прогнозирования будущей ситуации и представлению основных рекомендаций по ведению деятельности в области предупреждения и ликвидации ЧС	Основные этапы построения математических и компьютерных моделей физических процессов и явлений.	Разрабатывать математические и компьютерные модели краевых задач.	Приемами обобщения, анализа информации, прогнозирования будущей ситуации и предоставления основных рекомендаций по ведению деятель-

Задачи обучения	Планируемые результаты обучения		
	Знать	Уметь	Владеть
Формирование компетенций (элементов компетенций)			
природного и техногенного характера (ПСК-3, ПСК-4).			ности в области предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного характера.

3. Место дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов» в структуре основной профессиональной образовательной программы (далее – ОПОП)

Дисциплина «Математические основы моделирования физических процессов» относится к блоку дисциплин по выбору Учебного плана по направлению 27.03.03 Системный анализ и управление (уровень бакалавриата).

4. Структура и содержание дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

4.1. Объем учебной дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов» и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
Общая трудоемкость дисциплины в часах	108	108
Общая трудоемкость дисциплины в зачетных единицах	3	3
Контактная работа (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	26	26
Практические занятия	16	16
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа	54	54
Форма контроля – зачет с оценкой	+	+

**4.2. Разделы дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов»
и виды занятий**

(Очная форма обучения)

№ пп	Наименование тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			Консультации	Самостоятельная работа	Контроль	Примечание
			Лекции	Практические	Лабораторные				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Раздел 1. Дифференциальные уравнения с частными производными	34	6	10			18		
1.	Тема 1. Элементы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных	10	2	2			6		
2.	Тема 2. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка с частными производными	12	2	4			6		
3.	Тема 3. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка с частными производными	12	2	4			6		
	Раздел 2. Математические основы моделирования физических процессов и их физические модели	20	4	2	2		12		
4.	Тема 4. Основные типы уравнений математической физики и методы их вывода из физических моделей	10	2	2			6		
5.	Тема 5. Классические методы решения уравнений математической физики	10	2		2		6		
	Раздел 3. Дифференциальные уравнения гиперболического типа	24	8		4		12		

№ пп	Наименование тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			Консультации	Самостоятельная работа	Контроль	Примечание
			Лекции	Практические	Лабораторные				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6.	Тема 6. Уравнения свободных колебаний струны	12	4		2		6		
7.	Тема 7. Уравнения вынужденных колебаний струны	12	4		2		6		
	Раздел 4. Дифференциальные уравнения эллиптического типа	12	4		2		6		
8.	Тема 8. Уравнения Лапласа на плоскости и в пространстве	12	4		2		6		
	Раздел 5. Дифференциальные уравнения параболического типа	18	4	4	4		6		
9	Тема 9. Уравнения теплопроводности для однородного стержня	18	4	4	4		6		
	Зачет с оценкой							+	
	Итого за 6 семестр	108	26	16	12		54		
	Итого по дисциплине	108	26	16	12		54		

4.3. Содержание дисциплины

«Математические основы моделирования физических процессов»

Раздел 1. Дифференциальные уравнения с частными производными

Тема 1. Элементы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных

Лекция. Правила дифференцирования функций одной и нескольких переменных. Некоторые методы интегрирования функций одной переменной. Понятия обыкновенных дифференциальных уравнений первого и второго порядка. Постановка задачи Коши.

Практическое занятие. Нахождение производных и интегралов для функций одной и нескольких переменных. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений первого и второго порядка.

Самостоятельная работа. Связь линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами с колебательными явлениями.

Рекомендуемая литература:

основная [1, 2];

дополнительная [1, 3].

Тема 2. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка с частными производными

Лекция. Определение линейного и квазилинейного дифференциальных уравнений первого порядка с частными производными. Постановка задачи Коши для линейного дифференциального уравнения первого порядка с частными производными. Метод характеристик решения линейного дифференциального уравнения первого порядка с частными производными.

Практическое занятие. Методы решения линейных дифференциальных уравнений первого порядка с частными производными.

Самостоятельная работа. Решение линейных дифференциальных уравнений первого порядка с частными производными с помощью преобразования Лапласа.

Рекомендуемая литература:

основная [1, 2];

дополнительная [1, 2].

Тема 3. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка с частными производными

Лекция. Определение линейного дифференциального уравнения второго порядка с частными производными. Классификация линейных дифференциальных уравнений второго порядка с частными производными по каноническому виду соответствующей квадратичной формы. Приведение к каноническому виду линейного дифференциального уравнения второго порядка с частными производными с двумя независимыми переменными.

Практическое занятие. Методы решения линейных дифференциальных уравнений второго порядка с частными производными.

Самостоятельная работа. Критерии классификации линейных дифференциальных уравнений второго порядка с частными производными с числом переменных больше двух.

Рекомендуемая литература:

основная [1, 2];

дополнительная [1, 2].

Раздел 2. Математические основы моделирования физических процессов и их физические модели

Тема 4. Основные типы уравнений математической физики и методы их вывода из физических моделей

Лекция. Описание физических задач, приводящих к дифференциальным уравнениям первого порядка с частными производными. Описание физических задач, приводящих к дифференциальным уравнениям второго порядка с частными производными.

Практическое занятие. Решение основных типов уравнений математической физики.

Самостоятельная работа. Основные принципы анализа математических моделей реальных систем.

Рекомендуемая литература:

основная [1, 2];

дополнительная [1, 2].

Тема 5. Классические методы решения уравнений математической физики

Лекция. Постановка задачи Штурма-Лиувилля, свойства её собственных чисел и собственных функций. Общая схема метода Фурье разделения переменных. Построение краевых условий для уравнений математической физики. Использование специальных функций в методе Фурье.

Лабораторная работа. Решение задачи Штурма-Лиувилля в MathCad.

Самостоятельная работа. Решение практико-ориентированных задач методом Фурье.

Рекомендуемая литература:

основная [1, 2];

дополнительная [1, 2].

Раздел 3. Дифференциальные уравнения гиперболического типа

Тема 6. Уравнения свободных колебаний струны

Лекция. Постановка краевых задач для уравнения свободных колебаний бесконечной струны. Формула Даламбера для решения уравнения свободных колебаний бесконечной струны. Частные случаи формулы Даламбера. Явление прямой и обратной волны. Методы решения уравнения свободных колебаний ограниченной струны.

Лабораторная работа. Решение уравнения свободных колебаний струны в MathCad.

Самостоятельная работа. Анализ уравнения свободных колебаний ограниченной струны. Явление отражения волны от закрепленных концов струны.

Рекомендуемая литература:

основная [1, 2];

дополнительная [1, 2].

Тема 7. Уравнения вынужденных колебаний струны

Лекция. Постановка краевых задач для уравнения вынужденных колебаний струны. Формула Даламбера для решения уравнения вынужденных колебаний струны. Частный случай действия сосредоточенной силы.

Лабораторная работа. Решение уравнения вынужденных колебаний струны в MathCad.

Самостоятельная работа. Анализ и решение волновых уравнений на плоскости при наличии граничных условий.

Рекомендуемая литература:

основная [1, 2];

дополнительная [1, 2].

Раздел 4. Дифференциальные уравнения эллиптического типа

Тема 8. Уравнения Лапласа на плоскости и в пространстве

Лекция. Понятие гармонической функции. Примеры. Постановка задач Дирихле и Неймана для уравнения Лапласа. Формула Грина и её использование для нахождения решения уравнения Лапласа. Решение задачи Дирихле для некоторых областей.

Лабораторная работа. Решение уравнений эллиптического типа в MathCad.

Самостоятельная работа. Анализ фундаментального решения уравнения Лапласа. Использование функции Грина для решения уравнения Лапласа.

Рекомендуемая литература:

основная [1, 2];

дополнительная [1, 2].

Раздел 5. Дифференциальные уравнения параболического типа

Тема 9. Уравнения теплопроводности для однородного стержня

Лекция. Постановка краевых задач для уравнения теплопроводности в неограниченном и ограниченном стержне. Решение уравнения теплопроводности для неограниченного стержня и стержня, ограниченного с одного конца, с помощью интеграла Пуассона.

Практическое занятие. Решение уравнения теплопроводности методом Фурье.

Лабораторная работа. Решение уравнений параболического типа в MathCad.

Самостоятельная работа. Применение интегрального преобразования Фурье для решения уравнения теплопроводности.

Рекомендуемая литература:

основная [1, 2];

дополнительная [1, 2].

5. Методические рекомендации по организации изучения учебной дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов»

При реализации программы дисциплины используются следующие виды занятий: лекция, практические занятия, лабораторные занятия.

Лекция составляет основу теоретического обучения и должна давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрывать состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники, концентрировать внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, сопровождающееся демонстрацией слайдов, информационных стендов, компьютерной техники.

Практические занятия

Практическое занятие проводится в целях выработки практических умений и приобретения навыков, закрепления пройденного материала по соответствующей теме дисциплины. Главным их содержанием является практическая работа каждого обучающегося при решении практико-ориентированных задач.

Лабораторные занятия

Целью лабораторного занятия является усвоение теоретических основ дисциплины и получение практических навыков исследования путем постановки, проведения, обработки и представления результатов эксперимента на основе практического использования различных методов (наблюдения, сравнения и др.), приобретения навыков опыта творческой деятельности.

Лабораторная работа – самостоятельное выполнение каждым обучающимся учебной группы экспериментального задания на лабораторном занятии. При ее проведении каждым обучающимся осуществляется самостоятельная обработка и представление результатов в виде отчета по лабораторной работе.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим практическим занятиям и зачету с оценкой.

6. Оценочные средства для проведения промежуточных аттестаций обучающихся по дисциплине «Математические основы моделирования физических процессов»

Оценочные средства дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов» включает в себя следующие разделы:

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

6.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

**Примерный перечень вопросов для зачета с оценкой
Теоретические вопросы**

1. Математические модели физических процессов. Основные Математические основы моделирования физических процессов.
2. Классификация уравнений в частных производных первого порядка.
3. Поперечные малые колебания струны.
4. Задача о распространении тепла.
5. Задача о движении несжимаемой жидкости. Процесс обтекания.
6. Классификация дифференциальных уравнений 2-го порядка в частных производных.
7. Дифференциальные уравнения эллиптического типа и физические процессы, приводящие к ним.
8. Дифференциальные уравнения гиперболического типа и физические процессы, приводящие к ним.
9. Дифференциальные уравнения параболического типа и физические процессы, приводящие к ним.
10. Канонический вид уравнений с двумя независимыми переменными.
11. Метод характеристик.
12. Постановка краевых задач математической физики.
13. Граничные и начальные условия. Виды граничных условий.
14. Классификация краевых задач. Задача Коши.
15. Краевые задачи для уравнений эллиптического типа. Задача Дирихле.
16. Краевые задачи для уравнений эллиптического типа. Задача Неймана.
17. Смешанная задача для уравнений гиперболического типа
18. Смешанная задача для уравнений параболического типа.
19. Метод разделения переменных.
20. Формула Грина.
21. Гармонические функции.
22. Свойства гармонических функций.

23. Фундаментальные решения и функции Грина.
24. Метод функций Грина.
25. Построение функций Грина на плоскости и в пространстве.
26. Построение функций Грина в пространстве.
27. Решение задачи Дирихле для некоторых областей.
28. Метод Фурье-преобразований.
29. Разделение переменных в методе Фурье для уравнения теплопроводности.
30. Решение основных краевых задач методом Фурье.
31. Метод распространения волн.
32. Волновое уравнение. Формула Даламбера.
33. Волновое уравнение. Метод Пуассона.
34. Свободные колебания. Метод суперпозиции.
35. Свободные колебания струны.
36. Общая схема метода Фурье.
37. Вынужденные колебания. Формула Пуассона.
38. Уравнение колебаний в пространстве. Задача Коши.
39. Интегральное представление решения в неограниченном пространстве.
40. Особенности решения задачи Коши на плоскости.
41. Колебания ограниченных объемов.
42. Особенности задачи Штурма-Лиувилля.
43. Постановка и решение основных задач для уравнения теплопроводности.
44. Первая краевая задача для уравнения теплопроводности.
45. Принципы максимума и минимума.
46. Фундаментальное решение задачи Коши.
47. Интегральное представление решения задачи Коши.
48. Метод Фурье для неоднородных дифференциальных уравнений параболического типа.
49. Неоднородные дифференциальные уравнения параболического типа. Функции источника.
50. Неоднородные дифференциальные уравнения параболического типа. Общий случай.
51. Идея метода «пристрелки» для решения краевых задач в MathCad. Алгоритм метода пристрелки. Применение блока Given/Odesolve.
52. Суть метода «пристрелки» для решения задачи Штурма-Лиувилля. Функции, используемые в MathCad, для решения задач на собственные значения. Особенность задания первого аргумента. Функция, используемая в MathCad, для построения графика собственной функции.
53. Описание физической модели взаимодействия встречных световых пучков с рисунком. Анализ графика решения по математической модели физического процесса взаимодействия встречных световых пучков (краткая физическая интерпретация графика функции по точке пересечения с осью Y).

54. Математическое условие задания реальных параметров модели взаимодействия встречных световых пучков для воздушной среды. Последствия существенного увеличения коэффициента ослабления.
55. Применение «жестких» систем. Описание метода в блоке Given/Odesolve для решения «жестких» систем в MathCad. Недостаток MathCad для нахождения недостающих начальных условий для «жестких» краевых систем.
56. Этапы решения краевой задачи для волнового уравнения с начальными и граничными условиями в MathCad при помощи блока Given/Pdesolve. Назначение функции CreateMesh.
57. Этапы решения задачи о свободных колебаниях круглой мембраны в MathCad с применением функций Бесселя. Назначение системной переменной FRAME.
58. Этапы решения дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа (уравнения Пуассона) в MathCad с использованием функции multigrd.
59. Этапы решения дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа в MathCad при помощи блока Given/Pdesolve.
60. Этапы решения дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа в MathCad методом Фурье.

6.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Промежуточная аттестация: зачет с оценкой

Достигнутые результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания	Шкала оценив.
Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые комиссией вопросы или затрудняется с ответом.	<ul style="list-style-type: none"> – не раскрыто основное содержание учебного материала; – обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; – допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов. 	<i>Оценка «2» неудовлетворительно</i>
Обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы билета и дополнительные вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности	<ul style="list-style-type: none"> – неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; – усвоены основные категории по рассматриваемому и дополнительным вопросам; 	<i>Оценка «3» Удовлетворительно</i>

Достигнутые результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания	Шкала оценив.
их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций.	– имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, формулировках законов, исправленные после нескольких наводящих вопросов.	
Обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы билета и дополнительные вопросы, допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой	- продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; – в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа; допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя; допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию преподавателя.	<i>Оценка «4»</i> Хорошо
Обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; последовательно и четко отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы; уверенно ориентируется в проблемных ситуациях; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала; подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой	– полно раскрыто содержание материала; – материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности; – продемонстрировано системное и глубокое знание программного материала; – точно используется терминология; – показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации; – продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков; – ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов; – продемонстрирована способность творчески применять знание теории к решению профессиональных задач; – продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы; – допущены одна – две неточности.	<i>Оценка «5»</i> Отлично

7. Требования к условиям реализации. Ресурсное обеспечение дисциплины «Математические основы моделирования физических процессов»

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная:

1. Русак, Валентин Николаевич. Математическая физика [Текст]: учебное пособие: [гриф Мин. обр.] / В. Н. Русак, 2006. – 248 с.
2. Пашуева, И. М. Уравнения математической физики : учебное пособие / И. М. Пашуева, Н. Б. Ускова, А. Н. Шелковой. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 117 с. — ISBN 978-5-7731-0873-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/108189.html>

Дополнительная:

1. Алашеева, Елена Александровна. Математические основы моделирования физических процессов [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Алашеева Е. А., 2016. – 162 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71896.html>
2. Павленко, Алексей Николаевич. Математические основы моделирования физических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Павленко А. Н., 2013. – 100 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30134.html>
3. Калинина, Елена Сергеевна. Практикум по обыкновенным дифференциальным уравнениям [Текст] : учебное пособие / Е. С. Калинина, А. В. Сайфудинова ; ред. Э. Н. Чижиков, 2017. - 248 с. Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?112&type=card&cid=ALSFR-d4cbd95a-5cfc-41a4-9abc-88095eed5606&remote=false>

Программное обеспечение, в том числе лицензионное:

1. Microsoft Windows Professional, Russian – Системное программное обеспечение. Операционная система. [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-ВЕ8-834.
2. Microsoft Office Standard (Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, One-Note, Publisher) – Пакет офисных приложений [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-D86-664.
3. Adobe Acrobat Reader DC – Приложение для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF [Бесплатная]; ПО-F63-948
4. Google Chrome – Браузер [Открытая]; ПО-F2С-926.

5. MathCad 14 – Программный продукт для выполнения инженерных и математических расчетов [Коммерческая (Full Package Product)]; ПО-6Е1-625.

Современные профессиональные базы данных и информационно- справочные системы:

1. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации
2. Электронная библиотечная система университета, обеспечивающая индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет: <http://elib.igps.ru>.
3. Электронная библиотечная система университета, обеспечивающая индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет: <http://www.iprbookshop.ru>;
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru> – индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет.

Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для материально-технического обеспечения дисциплины используются аудитории для проведения лекционных, практических занятий, промежуточной аттестации, самостоятельной работы обучающихся. Для проведения лабораторной работы используется лаборатория вычислительной техники.

Материально-техническими средствами обучения дисциплины являются:

- мультимедийный проектор;
- экран;
- маркерная доска;
- интерактивная доска,
- информационно-справочные стенды;
- компьютеры с выходом в интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.03 Системный анализ и управление (уровень бакалавриата).

Авторы: Е.Н. Трофимец