

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

## УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета Факультета математики,  
информационных и авиационных технологий  
от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол №\_\_\_\_\_  
Председатель \_\_\_\_\_  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>Математическое моделирование сложных систем</b>
Факультет	Факультет математики, информационных и авиационных технологий
Кафедра	Кафедра информационных технологий
Курс	1 - очная форма обучения

Направление (специальность): 02.04.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Направленность (профиль/специализация): Технология программирования

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол №\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол №\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол №\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Цыганова Юлия Владимировна	Кафедра информационных технологий	Профессор, Доктор физико-математических наук, Доцент

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины:

·заложить базовые знания и умения в области построения математических моделей детерминистских и стохастических объектов для систем обработки информации и управления;

·обеспечить понимание фундаментальных концепций анализа и применения таких моделей;

привить навыки и способность разбираться в применении теории к задачам оценивания состояния и управления из реального мира приложений.

### Задачи освоения дисциплины:

охватить изучением пять базовых разделов, а именно:

(1) операционное исчисление (обзор результатов и методика их использования),

(2) детерминистские модели линейных систем (управляемость, наблюдаемость, устойчивость),

(3) стохастические модели линейных систем (моментные и спектральные характеристики и формирующие фильтры),

(4) оптимальное оценивание (фильтр Калмана) с линейными дискретными моделями систем (*LQG*- оценивание),

оптимальное стохастическое *LQG*-управление (вводные, базовые концепции).

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование сложных систем» относится к числу дисциплин блока Б1.О, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 02.04.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-8.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, Проектная деятельность, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Современные методы параметрического оценивания в условиях неопределенности, Теория выбора и принятия решения, Программные средства вычислительной математики, Дополнительные главы дискретной математики и математической логики, Преддипломная практика, Научно-исследовательская работа, Инновационный менеджмент, Технологическая (проектно-технологическая) практика, Экономико-правовые основы рынка программного обеспечения, Методологические проблемы научных исследований в профессиональной деятельности, Методы распознавания образов, Интеллектуальный анализ данных.



### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы фундаментальной и прикладной информатики и информационных технологий	<p><b>знать:</b> содержание основных задач дисциплины и типовых методов их решения с опорой на широкий математический аппарат сопряженных дисциплин своей специализации.</p> <p><b>уметь:</b> применять методы стохастического моделирования сложных систем к экспериментальным или натурным данным и как с их помощью решать задачи оценивания состояния по неполным и зашумленным наблюдениям.</p> <p><b>владеть:</b> навыками изучения предмета самостоятельно; нахождения и проработывания релевантных литературных источников; использования готовых пакетов имитационного моделирования данных; эффективного конспектирования нового материала; расширения своих предыдущих знаний; навыками системной организации своего рабочего времени.</p>
ПК-1 Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий	<p><b>знать:</b> методы математического моделирования, технологии программирования на языке высокого уровня и информационные технологии.</p> <p><b>уметь:</b> переводить на математический язык (т.е. представлять в форме дифференциальных уравнений) те физические законы или гипотезы, которым подчиняется изменение состояния изучаемых объектов.</p> <p><b>владеть:</b> методами анализа структуры возмущений, сопровождающих наблюдение за состоянием динамического объекта в стохастической среде, и на этом основании конструировать стохастические модели (формирующие фильтры) для этих возмущений.</p>
ПК-8 Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования	<p><b>знать:</b> современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.</p> <p><b>уметь:</b> доводить сложные математические алгоритмы оценивания до их реализации в виде программ высокого уровня для пакетов прикладных программ типа МАТЛАБ, строить планы вычислительных экспериментов, их реализовать, анализировать получаемые результаты и формулировать практически значимые выводы из полученных результатов.</p> <p><b>владеть:</b> навыками применения современных методов разработки и</p>

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
	реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.
ПК-2 Способен проводить научные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	<p><b>знать:</b> основные методы проведения научных исследований в области математического моделирования сложных систем.</p> <p><b>уметь:</b> проводить научные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности.</p> <p><b>владеть:</b> методикой разработки компьютерных программ высокого уровня сложности, эффективно реализующих компьютерные алгоритмы оценивания состояния и управления по неполным и зашумленным наблюдениям с учетом требований быстродействия, точности и экономии памяти.</p>

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 8 ЗЕТ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 288 часов

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u> )		
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам	
		1	2
1	2	3	4
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	108	54	54
Аудиторные занятия:	108	54	54
Лекции	36	18	18
Семинары и практические занятия	36	18	18
Лабораторные работы, практикумы	36	18	18
Самостоятельная работа	144	54	90
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2	Тестирование	Тестирование	

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u> )		
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам	
		1	2
1	2	3	4
видов)			
Курсовая работа	Курсовая работа	-	Курсовая работа
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет, Экзамен (36)	Зачет	Экзамен
Всего часов по дисциплине	288	108	180

### 4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Раздел 1. Дифференциальные уравнения физических систем</b>							
Тема 1.1. Сквозные и относительные переменные элементы систем	7	1	1	1	1	4	Тестирование
Тема 1.2. Дифференциальные уравнения простых физических систем	14	2	2	2	2	8	Тестирование
Тема 1.3. Аппарат преобразования Лапласа (ПЛ)	7	1	1	1	1	4	Тестирование
Тема 1.4. П	10	1	1	2	2	6	Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
ередаточные функции линейных стационарных систем							ние
Тема 1.5. Модели линейных систем в виде сигнальных графов	7	1	1	1	1	4	Тестирование
Тема 1.6. Компьютерный анализ систем управления	13	2	2	1	1	8	Тестирование
<b>Раздел 2. Детерминистские модели состояния систем</b>							
Тема 2.1. Динамические модели с непрерывным временем	13	2	2	1	1	8	Тестирование
Тема 2.2. Решение уравнений состояния линейных систем	13	2	2	1	1	8	Тестирование
Тема 2.3. Стандартные модели: управляемая, наблюдаемая и каноническая	14	2	2	2	2	8	Тестирование
Тема 2.4. Управляемость и наблюд	16	2	2	2	2	10	Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний	
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа		
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы				
1	2	3	4	5	6	7	8	
аемость систем								
Тема 2.5. Устойчивость систем	7	1	1	1	1	4	Тестирование	
<b>Раздел 3. Стохастические процессы и линейные динамические системы</b>								
Тема 3.1. Стохастические процессы	7	1	1	1	1	4	Тестирование	
Тема 3.2. Стационарные стохастические процессы	13	2	2	1	1	8	Тестирование	
Тема 3.3. Моделирование стохастических систем	13	2	2	1	1	8	Тестирование	
Тема 3.4. Моделирование случайных процессов	13	2	2	1	1	8	Тестирование	
<b>Раздел 4. Оценивание состояния линейных моделей систем</b>								
Тема 4.1. Задача оптимального оценивания	14	2	2	2	2	8	Тестирование	
Тема 4.2. Дискретный фильтр Калмана	28	4	4	8	8	12	Тестирование	
Тема 4.3. Статистические свойства процессов внутри	14	2	2	2	2	8	Тестирование	

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
фильтра							
<b>Раздел 5. Задача стохастического оптимального управления с линейными дискретными моделями систем</b>							
Тема 5.1. Динамическое программирование и общая задача управления	7	1	1	1	1	4	Тестирование
Тема 5.2. LQG-задача оптимального управления	7	1	1	1	1	4	Тестирование
Тема 5.3. Детерминистская LQ-задача оптимального управления	7	1	1	1	1	4	Тестирование
Тема 5.4. Синтез LQG-оптимального управления	8	1	1	2	2	4	Тестирование
<b>Итого подлежит изучению</b>	252	36	36	36	36	144	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Раздел 1. Дифференциальные уравнения физических систем

#### Тема 1.1. Сквозные и относительные переменные элементов систем

Дифференциальные уравнения идеальных элементов (законы Ома для двухполюсников различного типа с точки зрения энергии).

#### Тема 1.2. Дифференциальные уравнения простых физических систем

Модель физического маятника. Параллельная RLC электрическая цепь под воздействием тока.



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

### **Тема 1.3. Аппарат преобразования Лапласа (ПЛ)**

Преимущества применения преобразования Лапласа для нахождения решения дифференциального уравнения.

### **Тема 1.4. Передаточные функции линейных стационарных систем**

Структурные схемы систем. Решение линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами посредством ПЛ.

### **Тема 1.5. Модели линейных систем в виде сигнальных графов**

Формула Мейсона для нахождения передаточных функций сложной системы.

### **Тема 1.6. Компьютерный анализ систем управления**

Преимущества компьютерного моделирования в процессах анализа и синтеза систем. Примеры на синтез систем управления. Моделирование систем управления с помощью MATLAB.

## **Раздел 2. Детерминистские модели состояния систем**

### **Тема 2.1. Динамические модели с непрерывным временем**

Характеристики динамических систем. Модели в пространстве состояний.

### **Тема 2.2. Решение уравнений состояния линейных систем**

Общее решение линейного дифференциального уравнения состояния – неинвариантного во времени. Свойства переходной матрицы состояния. Переход к модели в дискретном времени.

### **Тема 2.3. Стандартные модели: управляемая, наблюдаемая и каноническая**

Определения моделей. Построение моделей СУМ, СММ и КМ по передаточной функции.

### **Тема 2.4. Управляемость и наблюдаемость систем**

Теоремы о критериях полной управляемости и полной наблюдаемости. Обобщенный анализ свойств управляемости и наблюдаемости. Декомпозиция системы на 4 части, полностью характеризующие эти свойства. Вырожденные системы.

### **Тема 2.5. Устойчивость систем**

Критерий Рауса-Гурвица. Определения устойчивости систем. Табличная форма критерия Рауса-Гурвица. Четыре различных случая для таблицы Рауса.

## **Раздел 3. Стохастические процессы и линейные динамические системы**

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

### **Тема 3.1. Стохастические процессы**

Процессы с дискретным и непрерывным временем. Числовые характеристики: функция средних значений и ковариационная матрица, корреляционная матрица, взаимные характеристики. Многомерный гауссовский процесс.

### **Тема 3.2. Стационарные стохастические процессы**

Спектральная плотность мощности. Строго стационарные и стационарные в широком смысле процессы. Энергетический спектр стационарного в широком смысле процесса. Эргодические процессы. Широкополосный и узкополосный процессы. Понятие белого шума. Процессы с дискретным спектром. Спектральные представления стационарного процесса. Преобразование спектральной плотности мощности случайного процесса в линейной системе. Формирующий фильтр.

### **Тема 3.3. Моделирование стохастических систем**

Цели и задачи. Классификация моделей. Белый гауссовский шум и броуновское движение. Три концепции сходимости: в среднеквадратическом, по вероятности и почти наверное. Стохастические интегралы. Стохастические дифференциалы. Линейные стохастические разностные уравнения. Полная модель системы (с формирующим фильтром и уравнением наблюдений).

### **Тема 3.4. Моделирование случайных процессов**

Формирующие фильтры и расширение вектора состояния. Практическое построение моделей систем и процессов по эмпирическим данным.

## **Раздел 4. Оценивание состояния линейных моделей систем**

### **Тема 4.1. Задача оптимального оценивания**

Постановка задачи. Оценки на основе байесовского критерия. Основные факты теории оптимального оценивания. Теорема Шермана.

### **Тема 4.2. Дискретный фильтр Калмана**

Вывод этапа экстраполяции оценок по времени (между измерениями). Вывод этапа обновления оценок по измерениям.

### **Тема 4.3. Статистические свойства процессов внутри фильтра**

Свойства процесса ошибок и обновляющего процесса. Использование свойств обновляющего процесса для проверки гипотез о возможных нарушениях модели.

## **Раздел 5. Задача стохастического оптимального управления с линейными дискретными моделями систем**

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

### **Тема 5.1. Динамическое программирование и общая задача управления**

Вводные концепции и варианты постановок задачи. Обратное уравнение Колмогорова.

### **Тема 5.2. LQG-задача оптимального управления**

Формулировка задачи. Физически осуществимое управление.

### **Тема 5.3. Детерминистская LQ-задача оптимального управления**

Метод множителей Лагранжа. Метод динамического программирования.

### **Тема 5.4. Синтез LQG-оптимального управления**

Решение задачи по методу стохастического динамического программирования.

## **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **Раздел 1. Дифференциальные уравнения физических систем**

#### **Тема 1.1. Сквозные и относительные переменные элементов систем**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Законы Ома для двухполюсников различного типа с точки зрения энергии.

#### **Тема 1.2. Дифференциальные уравнения простых физических систем**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Модель физического маятника.
2. Параллельная RLC электрическая цепь под воздействием тока.

#### **Тема 1.3. Аппарат преобразования Лапласа (ПЛ)**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Преимущества применения преобразования Лапласа для нахождения решения дифференциального уравнения.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

## **Тема 1.4. Передаточные функции линейных стационарных систем**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Структурные схемы систем.
2. Решение линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами посредством ПЛ.

## **Тема 1.5. Модели линейных систем в виде сигнальных графов**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Формула Мейсона для нахождения передаточных функций сложной системы.

## **Тема 1.6. Компьютерный анализ систем управления**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Преимущества компьютерного моделирования в процессах анализа и синтеза систем.
2. Примеры на синтез систем управления.
3. Моделирование систем управления с помощью MATLAB.

## **Раздел 2. Детерминистские модели состояния систем**

### **Тема 2.1. Динамические модели с непрерывным временем**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Характеристики динамических систем.
2. Модели в пространстве состояний.

### **Тема 2.2. Решение уравнений состояния линейных систем**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Общее решение линейного дифференциального уравнения состояния – неинвариантного во времени.
2. Свойства переходной матрицы состояния.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

3. Переход к модели в дискретном времени.

### **Тема 2.3. Стандартные модели: управляемая, наблюдаемая и каноническая**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Определения моделей.
2. Построение модели СУМ.
3. Построение модели СНМ.
4. Построение модели КМ.

### **Тема 2.4. Управляемость и наблюдаемость систем**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Теоремы о критериях полной управляемости и полной наблюдаемости.
2. Обобщенный анализ свойств управляемости и наблюдаемости.
3. Декомпозиция системы на 4 части, полностью характеризующие эти свойства.
4. Вырожденные системы.

### **Тема 2.5. Устойчивость систем**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Критерий Рауса-Гурвица.
2. Определения устойчивости систем.
3. Табличная форма критерия Рауса-Гурвица.
4. Четыре различных случая для таблицы Рауса.

## **Раздел 3. Стохастические процессы и линейные динамические системы**

### **Тема 3.1. Стохастические процессы**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Процессы с дискретным и непрерывным временем.
2. Числовые характеристики: функция средних значений и ковариационная матрица, корреляционная матрица, взаимные характеристики.
3. Многомерный гауссовский процесс.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

### **Тема 3.2. Стационарные стохастические процессы**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Спектральная плоскость мощности.
2. Строго стационарные и стационарные в широком смысле процессы.
3. Энергетический спектр стационарного в широком смысле процесса.
4. Эргодические процессы.
5. Широкополосный и узкополосный процессы.
6. Понятие белого шума.
7. Процессы с дискретным спектром.
8. Спектральные представления стационарного процесса.
9. Преобразование спектральной плотности мощности случайного процесса в линейной системе.
10. Формирующий фильтр.

### **Тема 3.3. Моделирование стохастических систем**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Классификация стохастических моделей.
2. Белый гауссовский шум и броуновское движение.
3. Три концепции сходимости: в среднеквадратическом, по вероятности и почти наверное.
4. Стохастические интегралы.
5. Стохастические дифференциалы.
6. Линейные стохастические разностные уравнения.
7. Полная модель системы (с формирующим фильтром и уравнением наблюдений).

### **Тема 3.4. Моделирование случайных процессов**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Формирующие фильтры и расширение вектора состояния.
2. Практическое построение моделей систем и процессов по эмпирическим данным.

## **Раздел 4. Оценивание состояния линейных моделей систем**

### **Тема 4.1. Задача оптимального оценивания**

Вопросы к теме:

Очная форма

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. Постановка задачи оптимального оценивания.
2. Оценки на основе байесовского критерия.
3. Основные факты теории оптимального оценивания.
4. Теорема Шермана.

#### **Тема 4.2. Дискретный фильтр Калмана**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Вывод этапа экстраполяции оценок по времени (между измерениями).
2. Вывод этапа обновления оценок по измерениям.

#### **Тема 4.3. Статистические свойства процессов внутри фильтра**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Свойства процесса ошибок и обновляющего процесса.
2. Использование свойств обновляющего процесса для проверки гипотез о возможных нарушениях модели.

### **Раздел 5. Задача стохастического оптимального управления с линейными дискретными моделями систем**

#### **Тема 5.1. Динамическое программирование и общая задача управления**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Вводные концепции и варианты постановок задачи.
2. Обратное уравнение Колмогорова.

#### **Тема 5.2. LQG-задача оптимального управления**

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Формулировка задачи.
2. Физически осуществимое управление.

#### **Тема 5.3. Детерминистская LQ-задача оптимального управления**

Вопросы к теме:

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Очная форма

1. Метод множителей Лагранжа.
2. Метод динамического программирования.

#### Тема 5.4. Синтез LQG-оптимального управления

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Метод стохастического динамического программирования.

### 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Этап I. Формулировка математической модели

Цели: Построение математической модели в непрерывном времени.

Содержание: Для заданного объекта или процесса построить его математическую модель в форме линейной динамической системы в пространстве состояний. 1. Какие элементы составляют систему? 2. Какие переменные и какие уравнения характеризуют каждый элемент? 3. Каков тип каждого элемента с точки зрения накопления / рассеяния энергии? 4. Какие предположения являются исходными для описания системы? 5. Как выглядят уравнения взаимодействия элементов, то есть полная математическая модель системы? 6. Какие предположения необходимы для линеаризации модели? 7. Является ли линеаризованная модель инвариантной во времени?

Результаты: Уравнения математической модели

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8939>

Этап II. Решение уравнений модели и исследование решения

Цели: Найти и исследовать решение уравнений математической модели.

Содержание: Необходимо найти общее решение уравнений модели, используя преобразование Лапласа. Исследовать свойства модели (управляемость, наблюдаемость, устойчивость). 1. Найдите выражения для выходных переменных через входные переменные и начальные условия системы. 2. Найдите выражения для передаточной функции системы. 3. Постройте сигнальный граф системы. 4. Проанализируйте решение по п.1 Этапа II в зависимости от расположения нулей и полюсов передаточной функции. 5. Запишите уравнения модели в терминах пространства состояний системы. 6. Решите уравнения модели по п.5 Этапа II. 7. Сопоставьте решения, полученные по п.1 и п.6 Этапа II. 8. Сделайте выводы относительно свойств данной физической системы: ее устойчивость, управляемость и наблюдаемость.

Результаты: Построенное аналитическое решение и его исследование.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8939>

Этап III. Построение компьютерной модели в системе MATLAB (или SCILAB)

Цели: Построить компьютерную модель и провести численные эксперименты.

Содержание: Постройте компьютерную модель в форме скрипта на языке MATLAB (или SCILAB). Проведите вычислительные эксперименты. Проанализируйте полученные результаты. 1. Найдите численное решение уравнений модели (ode45). 2. Найдите аналитическое решение уравнений



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

модели (dsolve). 3. Постройте и проанализируйте графики решения при различных значениях параметров. 4. Постройте и проанализируйте поле направлений для уравнений модели.

Результаты: Графики, таблицы с результатами экспериментов и их описание.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8939>

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

### Темы курсовой работы

Тема 1. Математическая модель движения спутника в плоской орбите.

Тема 2. Математическое моделирование движения объекта по данным измерений. Линейная модель движения объекта и модель измерений без учета взаимной корреляции шумов.

Тема 3. Математическое моделирование движения объекта по данным измерений. Линейная модель движения объекта и модель измерений с учетом взаимной корреляции шумов.

Тема 4. Математическое моделирование движения объекта по данным измерений. Линейная модель движения объекта и модель измерений с декорреляцией ошибок измерений.

Тема 5. Математическое моделирование движения объекта по данным измерений. Параболическая модель движения объекта и модель измерений без учета взаимной корреляции шумов.

Тема 6. Математическое моделирование движения объекта по данным измерений. Параболическая модель движения объекта и модель измерений с учетом взаимной корреляции шумов.

Тема 7. Математическое моделирование движения объекта по данным измерений. Параболическая модель движения объекта и модель измерений с декорреляцией ошибок измерений.

Тема 8. Математическая модель движения летательного аппарата (ЛА) с оценкой высоты и вертикальной скорости по показаниям двух приборов.

Тема 9. Математическое моделирование сопровождения судна на траектории.

Тема 10. Математическая модель “Перевернутые маятники на подвижной основе”.

Тема 11. Математическая модель “Параллельная RLC-цепь + ток”.

Тема 12. Математическая модель “Две массы – пружина – два трения  $f_1$  и  $f_2$ ”.

Тема 13. Математическая модель “Электрическая RCRCCL цепь + ток”.

Тема 14. Математическая модель “Две массы – две пружины – трение + сила”.

Тема 15. Математическая модель “Абсорбер ( $M_2$  и  $K_{12}$ ) вибраций массы  $M_1$ ”.

Тема 16. Математическая модель “Два свободных связанных пружиной маятника”.

Тема 17. Математическая модель “Два маятника – пружина – два трения + сила”.

Тема 18. Математическая модель “Две массы – две пружины – два трения + сила”.

Тема 19. Математическая модель “Два взаимосвязанных бака  $B_1$  и  $B_2$ ”.

Тема 20. Математическая модель “Управляемый ток возбуждения  $dc$ -двигатель”.

Тема 21. Математическая модель “Управляемый ток якоря  $dc$ -двигатель”.

Тема 22. Математическая модель “Система управления электрокардиостимулятором”.

Тема 23. Математическая модель “Система регулирования температуры в жилом помещении”.

Тема 24. Математическая модель “Система управления бурильной машиной”.

Тема 25. Стохастические модели суточной термометрии теплового гомеостаза.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ, ЗАЧЕТУ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

## Вопросы к экзамену

1. Дифференциальные уравнения идеальных элементов (законы Ома для двухполюсников различного типа с точки зрения энергии).
2. Параллельная RLC электрическая цепь под воздействием тока
3. Дискретное преобразование Лапласа, z-преобразование и дискретная передаточная функция.
4. Понятия: передаточной функции, импульсной переходной характеристики, переходной характеристики.
5. Определения понятий сигнального графа: детерминант, петля, путь, кофактор. Вывод правила Мейсона на примере системы линейных алгебраических уравнений второго порядка.
6. Преимущества компьютерного моделирования в процессах анализа и синтеза систем.
7. Определения типов моделей систем: динамические / статические, линейные / нелинейные, сосредоточенные / распределенные, конечномерные параметрические / функциональные.
8. Построение дискретных моделей непрерывных систем. Вывод в пространстве переменных состояния.
9. Построение дискретных моделей непрерывных систем. Вывод в частотной области (z-преобразование).
10. Эквивалентные преобразования моделей в пространстве состояний.
11. Управляемость. Теорема о полной управляемости непрерывных систем. Следствие и критерий полной управляемости систем с постоянными параметрами в непрерывном времени.
12. Наблюдаемость. Теорема о полной наблюдаемости непрерывных систем. Следствие и критерий полной наблюдаемости систем с постоянными параметрами в непрерывном времени.
13. Виды устойчивости (при нулевом входе): в малом, в большом, асимптотическая, экспоненциальная, BIBO-устойчивость (при ограниченном входе).
14. Устойчивость линейных систем – критерий Рауса-Гурвица в классической форме определителя и в виде таблиц с определителями не выше второго порядка.
15. Стохастические процессы (СП): основные определения. Характеризация СП. Независимость, некоррелированность и стационарность для СП.
16. Преобразование стационарных в широком смысле случайных процессов в линейных динамических системах.
17. Построение формирующих фильтров для моделирования стационарных в широком смысле случайных процессов.
18. Стохастические интегралы. Стохастические дифференциалы.
19. Линейные стохастические дифференциальные уравнения, их формальное решение.
20. Построение компьютерной модели случайного процесса с заданной корреляционной функцией.
21. Процесс броуновского движения, его характеристики и свойства траекторий..
22. Процесс гауссова белого шума, его формальное определение и свойства.
23. Определения (разновидности) апостериорных оценок состояния. Критерии качества оценивания. Фундаментальные результаты теории оценивания (теорема Шермана).
24. Построение алгоритма калмановской фильтрации в дискретном времени – экстраполяция по времени оценок и ковариаций.
25. Двухстадийный алгоритм оптимального оценивания состояния с линейными дискретными моделями систем. Стадия 1: экстраполяция оценок на шаг вперед (одношаговое предсказание – обновление оценок по времени).
26. Двухстадийный алгоритм оптимального оценивания состояния с линейными дискретными моделями систем. Стадия 2: обновление оценок по измерениям.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

27. Построение алгоритма калмановской фильтрации в дискретном времени – обновление оценок и ковариаций по измерениям.
28. Оптимальное оценивание состояния линейной дискретной модели, матричное описание которой известно. Уравнения (итерации) Риккати.
29. Методы параметрической идентификации линейных стохастических систем. Точные модели и приближенные модели. Метод минимума ошибки предсказания выхода системы (Minimum Output Prediction Error method, Льюнг).
30. Метод минимума ошибки предсказания состояния системы (Minimum State Prediction Error method, Семушин).
31. Метод динамического программирования Беллмана – в стохастическом варианте задачи управления.
32. Основные формулировки из теории стохастического оптимального управления систем. Принцип стохастической эквивалентности. Теорема разделения для оптимального стохастического LQG-управления.
33. Критерии оптимальности управления в детерминистском и стохастическом вариантах задачи. Решение этих задач: метод множителей Лагранжа – в детерминистском варианте задачи.
34. Решение задачи по методу стохастического динамического программирования.

### Вопросы к зачету

1. Дифференциальные уравнения идеальных элементов (законы Ома для двухполюсников различного типа с точки зрения энергии).
2. Модель физического маятника.
3. Параллельная RLC электрическая цепь под воздействием тока.
4. Применение преобразования Лапласа к решению линейных дифференциальных уравнений.
5. Понятия: передаточной функции, импульсной переходной характеристики, переходной характеристики.
6. Определения типов моделей систем: динамические / статические, линейные / детерминистские, сосредоточенные / распределенные, конечномерные параметрические / функциональные.
7. Модели в пространстве состояний и в частотной области.
8. Модели с многими входами и выходами в пространстве состояний: инвариантные к сдвигу по времени, переменные во времени, нелинейные. Вывод уравнения возмущенного движения. Пример.
9. Эквивалентные преобразования моделей в пространстве состояний.
10. Решение линейных уравнений состояния с переменными параметрами в непрерывном времени.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

11. Решение линейных уравнений состояния с постоянными параметрами в непрерывном и в дискретном времени.
12. Построение стандартной управляемой модели по передаточной функции. Определение ее свойств устойчивости, полной управляемости и наблюдаемости.
13. Построение стандартной наблюдаемой модели по передаточной функции. Определение ее свойств устойчивости, полной управляемости и наблюдаемости.
14. Построение канонической модели по передаточной функции в случае простых полюсов. Определение ее свойств устойчивости, полной управляемости и наблюдаемости. Граф или блок-схема. Способы перехода к такой модели от любой другой.
15. Построение канонической модели по передаточной функции в случае кратных полюсов. Определение ее свойств устойчивости, полной управляемости и наблюдаемости. Граф или блок-схема.
16. Построение канонической модели по передаточной функции в случае комплексно-сопряженных полюсов. Определение ее свойств устойчивости, полной управляемости и наблюдаемости. Граф или блок-схема.
17. Управляемость. Теорема о полной управляемости непрерывных систем. Следствие и критерий полной управляемости систем с постоянными параметрами в непрерывном времени.
18. Управляемость. Теорема о полной управляемости дискретных систем. Следствие и критерий полной управляемости систем с постоянными параметрами в дискретном времени.
19. Наблюдаемость. Теорема о полной наблюдаемости непрерывных систем. Следствие и критерий полной наблюдаемости систем с постоянными параметрами в непрерывном времени.
20. Наблюдаемость. Теорема о полной наблюдаемости дискретных систем. Следствие и критерий полной наблюдаемости систем с постоянными параметрами в дискретном времени.
21. Обобщенный анализ свойств полной управляемости и наблюдаемости. Декомпозиция системы на четыре части при таком анализе. Сравнение полноты описаний в пространстве состояний и в частотной области.

## **10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ**


*Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).*

*По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица*

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
<b>Раздел 1. Дифференциальные уравнения физических систем</b>			
Тема 1.1. Сквозные и относительные переменные элементов систем	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.2. Дифференциальные уравнения простых физических систем	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.3. Аппарат преобразования Лапласа (ПЛ)	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.4. Передаточные функции линейных стационарных систем	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	6	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.5. Модели линейных систем в виде сигнальных графов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.6. Компьютерный анализ систем управления	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
<b>Раздел 2. Детерминистские модели состояния систем</b>			
Тема 2.1. Динамические модели с непрерывным временем	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

<b>Название разделов и тем</b>	<b>Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).</b>	<b>Объем в часах</b>	<b>Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)</b>
Тема 2.2. Решение уравнений состояния линейных систем	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.3. Стандартные модели: управляемая, наблюдаемая и каноническая	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.4. Управляемость и наблюдаемость систем	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	10	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.5. Устойчивость систем	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование
<b>Раздел 3. Стохастические процессы и линейные динамические системы</b>			
Тема 3.1. Стохастические процессы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 3.2. Стационарные стохастические процессы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 3.3. Моделирование стохастических систем	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 3.4. Моделирование случайных процессов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
<b>Раздел 4. Оценка состояния линейных моделей систем</b>			
Тема 4.1. Задача оптимального оценивания	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-	8	Вопросы к экзамену, Тестирование

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
	методического и информационного обеспечения дисциплины.		
Тема 4.2. Дискретный фильтр Калмана	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	12	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 4.3. Статистические свойства процессов внутри фильтра	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
<b>Раздел 5. Задача стохастического оптимального управления с линейными дискретными моделями систем</b>			
Тема 5.1. Динамическое программирование и общая задача управления	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 5.2. LQG-задача оптимального управления	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 5.3. Детерминистская LQ-задача оптимального управления	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 5.4. Синтез LQG-оптимального управления	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы основная

1. Семушин Иннокентий Васильевич. Вычислительные методы алгебры и оценивания : учеб. пособие / И.В. Семушин ; УлГТУ. - Ульяновск : УлГТУ, 2011. - 366 с. - Библиогр.: с. 352-360. -

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

ISBN 978-5-9795-0902-0. / .— ISBN 1\_192815

2. Данилов, А. М. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем : учебное пособие / А. М. Данилов, И. А. Гарькина, Э. Р. Домке ; А. М. Данилов, И. А. Гарькина, Э. Р. Домке. - Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ЭБС АСВ, 2011. - 296 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/23100.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-9282-0733-5. / .— ISBN 0\_125078

#### **дополнительная**

1. Адаптивные системы фильтрации, управления и обнаружения : монография / И. В. Семушин, Ю. В. Цыганова, М. В. Куликова, О. А. Фатьянова ; под ред. И. В. Семушина. - Ульяновск : УлГУ, 2011. - Имеется печ. аналог. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 3,34 Мб). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/185>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_1723

2. Семушин И. В. Методы вычислений с использованием МАТЛАБ : учеб.-метод. пособие / И. В. Семушин, Ю. В. Цыганова, А. И. Афанасова ; УлГУ, ФМИИТ. - Ульяновск : УлГУ, 2014. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,86 Мб). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/241>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_1876

3. Семушин Иннокентий Васильевич. Стохастические модели и оценки : лаборат. практикум по курсу "Теория оптимального управления" / И.В. Семушин, Ю. В. Цыганова ; Ульяновск. гос. техн. ун-т. - Ульяновск : УлГТУ, 2001. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 295 КБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/990>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_34441

4. Семушин Иннокентий Васильевич. Стохастические модели, оценки и управление : раздел: Детерминистские модели динамических систем: метод. пособие / И.В. Семушин, Ю. В. Цыганова ; УлГУ. - Ульяновск : УлГУ, 2007. - 58 с. - Библиогр.: с. 50. / .— ISBN 1\_162400

#### **учебно-методическая**

1. Семушин И. В. Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Математическое моделирование сложных систем» для студентов магистратуры по специальности 02.04.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» очной формы обучения / И. В. Семушин ; УлГУ, ФМИиАТ. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 876 КБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8937>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_42413.

2. Семушин И. В. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Математическое моделирование сложных систем» для студентов магистратуры по специальности



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

02.04.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» очной формы обучения / И. В. Семушин ; УлГУ, ФМИиАТ. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 620 КБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8939>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_42414.

3. Семушин И. В. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Математическое моделирование сложных систем» для студентов магистратуры по специальности 02.04.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» очной формы обучения / И. В. Семушин ; УлГУ, ФМИиАТ. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 454 КБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8938>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_42415.

#### **б) Программное обеспечение**

- Операционная система "Альт образование"
- Офисный пакет "Мой офис"
- Code::Blocks IDE
- Python IDLE
- Visual studio code

#### **в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

##### **1. Электронно-библиотечные системы:**

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

**3. eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

**6. Электронная библиотечная система УлГУ** : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*)

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

- Мультимедийное оборудование: компьютер/ноутбук, экран, проектор/телевизор
- Компьютерная техника

## 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

## ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик	Профессор Доктор физико-математических наук, Доцент	Цыганова Юлия Владимировна
	Должность, ученая степень, звание	ФИО