

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

**УТВЕРЖДЕНО**  
 Решением Ученого совета ФМИАТ  
 от « 18 » 05 2021 г. протокол № 4/21  
 Председатель \_\_\_\_\_ / Волков М.А.  
 (подпись/расшифровка подписи)  
 « 18 » 05 2021 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Стохастические модели, оценки и управление
Факультет	Математики, информационных и авиационных технологий (ФМИАТ)
Кафедра	Информационные технологии (ИТ)
Курс	4

Направление (специальность) **01.03.02 Прикладная математика и информатика**  
*код направления (специальности), полное наименование*

Направленность (профиль/специализация) **Имитационное моделирование и анализ данных**  
*полное наименование*

Форма обучения очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 01 » сентября 2021 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 10 от 22.04. 2022 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 8 от 26.04. 2023 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 10 от 21.05. 2024 г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Семущин Иннокентий Васильевич	ИТ	профессор, д.т.н, профессор

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой информационных технологий, реализующей дисциплину	Заведующий выпускающей кафедры прикладной математики
 _____ / <u>Волков М.А.</u> / Подпись <span style="float: right;">ФИО</span> « <u>18</u> » <u>05</u> 20 <u>21</u> г.	 _____ / <u>Бутов А.А.</u> / Подпись <span style="float: right;">ФИО</span> « <u>18</u> » <u>05</u> 20 <u>21</u> г.

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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Дисциплина «Стохастические модели, оценки и управление» (СМОУ) знакомит студентов с основополагающими фактами стохастической теории систем управления.

Предметом дисциплины СМОУ являются основные методы построения и анализа математических моделей систем обработки информации и управления, методы оценивания состояния объектов и управления ими в условиях случайных воздействий и случайных помех наблюдения.

**Цели дисциплины** «Стохастические модели, оценки и управление» –

- 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 начальные навыки и способность разбираться в приложениях теории к задачам оценивания состояния и управления объектов.

Названная дисциплина будет использована при изучении отдельных дисциплин профессионального цикла, а также к применению этих знаний и умений в дальнейшей учебе и практической деятельности и при выполнении курсовых и дипломных работ.

**Задачи 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),
- (5) оптимальное стохастическое *LQG*-управление (вводные, базовые концепции).
- (6)

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина Б1.В.1.02 «Стохастические модели, оценки и управление» входит в вариативную часть цикла дисциплин (модулей) Б1 Основной Профессиональной Образовательной Программы бакалавриата по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Данная дисциплина базируется на входных знаниях, умениях, навыках и компетенциях студента, полученных им при изучении предшествующих учебных дисциплин: Введение в математику, Учебная практика (Проектная деятельность), Языки и методы программирования, Методы имитационного компьютерного моделирования, Современные технологии программирования, Теория систем и системный анализ, Технологическая (проектно-технологическая) практика, Учебная практика (Проектно-технологическая), Статистические пакеты обработки данных, Теория игр и исследование операций, Базы данных, Производственная практика (Проектная деятельность), Производственная практика (Проектно-технологическая), Разработка требований и проектирование программного обеспечения, Дополнительные главы математической статистики, Дополнительные главы теории вероятностей, Комплексный анализ.

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении последующих

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

дисциплин: Дополнительные главы теории случайных процессов, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Компьютерные модели случайных процессов, Математические основы численного анализа, Программирование для Интернет, Производственная практика (Научно-методическая), Разработка мобильных приложений, Стохастические модели, оценки и управления, Теория риска, Биостатистика и анализ систем, Выполнение и защита выпускной квалификационной работы, Компьютерная графика, Математические методы прогнозирования, Модели данных и прикладные алгоритмы, Преддипломная практика, Прикладные задачи системного анализа, Производственная практика (Научно-исследовательская), Системы принятия решений, Управление по неполным данным, Управляемые стохастические системы данных, Выполнение и защита выпускной квалификационной работы, История и методология компьютерных наук, История и методы прикладной математики, Научно-исследовательская работа, Предельные теоремы для семимартингалов, Теория случайных блужданий.

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

Процесс изучения дисциплины в соответствии с ФГОС ВОпо направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-2 способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать:</b> содержание основных задач дисциплины СМОУ и типовых методов их решения с опорой на широкий математический аппарат сопряженных дисциплин своей специализации;</li> <li>методы решения задач оценивания состояния по неполным и зашумленным наблюдениям;</li> <li>• <b>уметь:</b> применять методы стохастического моделирования сложных систем к экспериментальным или натурным данным;</li> </ul>
ПК-7 способность формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций	изучать предмет самостоятельно, находить и прорабатывать релевантные литературные источники; использовать готовые пакеты имитационного моделирования данных; эффективно конспектировать новый материал, опираться на (и расширять) свои предыдущие знания; овладевать навыками системной организации своего рабочего времени; представлять в форме дифференциальных уравнений те физические законы или гипотезы, которым подчиняется изменение состояния изучаемых объектов;

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

ПК-8 способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения	<p>анализировать структуру возмущений, сопровождающих наблюдение за состоянием динамического объекта в стохастической среде, и на этом основании конструировать стохастические модели (формирующие фильтры) для этих возмущений;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <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.</li> </ul>
--	--

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) 2

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

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		7
1	2*	3*
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	36/36	36/36
Аудиторные занятия:		
лекции	18/18	18/18
Семинары и практические занятия	18/18	18/18
лабораторные работы, практикумы		
Самостоятельная работа	36	36
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др.(не менее 2 видов)	Устный опрос, реферат, контрольная работа	Устный опрос, реферат, контрольная работа
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет	Зачет
Всего часов по дисциплине	72/36	72/36

\* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

4.3. Содержание дисциплины (модуля.) Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий			Занятия в	Самостоятель	Форма текущего контроля
		Аудиторные занятия					
		Лек	Практиче	Лаборат			

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

		ции	ские занятия, семинары	орные работы, практикумы	интерактивной форме	ная работа	я знаний
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Раздел 1. Обзор содержания и оценивание курса</b>							
1.1. Обзор курса СМОУ. Система текущего контроля надлежащей успеваемости и финальное оценивание.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
<b>Раздел 2. Дифференциальные уравнения физических систем</b>							
2.1. Сквозные и относительные переменные элементов систем.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
2.2. Дифференциальные уравнения физических систем	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
2.3. Аппарат преобразования Лапласа (ПЛ).	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
2.4. Передаточные функции линейных стационарных систем. Модели линейных систем в виде сигнальных графов.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
2.5. Компьютерный анализ систем управления.							Устный опрос, проверка реферата
<b>Раздел 3. Детерминистские модели состояния систем</b>							
Тема 3.1. Вывод уравнений фильтрации для условно-гауссовских процессов как в непрерывном, так и в дискретном времени.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
Тема 3.2. Фильтр Калмана в многомерном	4	1	1			2	Устный опрос, проверка

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

случае. Управление по неполным данным в дискретной схеме Калмана. Управление по неполным данным в непрерывной схеме Калмана.							реферата
Тема 3.3. Решение задачи об управлении по неполным данным в случае дискретного времени методом динамического программирования. Принцип (теорема) разделения. Особенности, решение задачи в непрерывном времени.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
<b>Раздел 4. Стохастические процессы и линейные динамические системы</b>							
4.1. Стохастические процессы. Стационарные стохастические процессы.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
4.2. Моделирование стохастических систем. Моделирование случайных процессов.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
<b>Раздел 5. Оценивание состояния линейных моделей систем</b>							
5.1. Задача оптимального оценивания.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
5.2. Дискретный фильтр Калмана.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
5.3. Статистические свойства процессов внутри фильтра.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата

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

<b>Раздел 6. Задача стохастического оптимального управления с линейными дискретными моделями систем</b>							
6.1. Динамическое программирование и задача управления	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
6.2. Оптимальное управление с точным знанием состояния.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
6.3. Оптимальное управление с неполными зашумленными измерениями состояния.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
6.4. Синтез LQG-оптимального управления.	4	1	1			2	Устный опрос, проверка реферата
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>			<b>36</b>	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Раздел 1. Обзор содержания и оценивание курса

1.1. Обзор курса СМОУ. Система текущего контроля надлежащей успеваемости и финальное оценивание.

### Раздел 2. Дифференциальные уравнения физических систем

- 2.1. Сквозные и относительные переменные элементов систем.
- 2.2. Дифференциальные уравнения физических систем
- 2.3. Аппарат преобразования Лапласа (ПЛ).
- 2.4. Передаточные функции линейных стационарных систем. Модели линейных систем в виде сигнальных графов.
- 2.5. Компьютерный анализ систем управления.

### Раздел 3. Детерминистские модели состояния систем

Тема 3.1. Вывод уравнений фильтрации для условно-гауссовских процессов как в непрерывном, так и в дискретном времени.

Тема 3.2. Фильтр Калмана в многомерном случае. Управление по неполным данным в дискретной схеме Калмана. Управление по неполным данным в непрерывной схеме Калмана.

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

Тема 3.3. Решение задачи об управлении по неполным данным в случае дискретного времени методом динамического программирования. Принцип (теорема) разделения. Особенности, решение задачи в непрерывном времени.

#### **Раздел 4. Стохастические процессы и линейные динамические системы**

4.1. Стохастические процессы. Стационарные стохастические процессы.

4.2. Моделирование стохастических систем. Моделирование случайных процессов.

#### **Раздел 5. Оценивание состояния линейных моделей систем**

5.1. Задача оптимального оценивания.

5.2. Дискретный фильтр Калмана.

5.3. Статистические свойства процессов внутри фильтра.

#### **Раздел 6. Задача стохастического оптимального управления с линейными дискретными моделями систем**

6.1. Динамическое программирование и задача управления

6.2. Оптимальное управление с точным знанием состояния.

6.3. Оптимальное управление с неполными зашумленными измерениями состояния.

6.4. Синтез LQG-оптимального управления.

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

**Тема 1.2.** Система текущего контроля надлежащей успеваемости (ТКНУ) и финальное оценивание.

**Тема 2.1.** Сквозные и относительные переменные элементов систем.

**Тема 2.2.** Дифференциальные уравнения физических систем – I: Модель физического маятника.

**Тема 2.2.** Дифференциальные уравнения физических систем – II: Параллельная RLC электрическая цепь под воздействием тока.

**Тема 2.6.** Компьютерный анализ систем управления: Преимущества компьютерного моделирования в процессах анализа и синтеза систем. Примеры на синтез систем управления. Моделирование систем управления с помощью MATLAB.

**Тема 3.1.** Динамические модели с непрерывным временем: Характеристики динамических систем. Модели в пространстве состояний.

**Тема 3.2.** Решение уравнений состояния линейных систем: Общее решение линейного дифференциального уравнения состояния – инвариантного во времени. Свойства переходной матрицы состояния. Переход к модели в дискретном времени.

**Тема 3.3.** Стандартные модели: управляемая, наблюдаемая и каноническая: Определения моделей. Построение моделей СУМ, СНМ и КМ по передаточной функции.

**Тема 3.4.** 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 3.5.** Устойчивость систем: Критерий Рауса-Гурвица. Определения устойчивости систем. Табличная форма критерия Рауса-Гурвица. Четыре различных случая для таблицы Рауса.

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

**Тема 4.2.** Стационарные стохастические процессы: Спектральная плоскость 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 4.3.** 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 4.4.** Моделирование случайных процессов: Формирующие фильтры и расширение вектора состояния. Практическое построение моделей систем и процессов по эмпирическим данным.

**Тема 5.1.** Задача оптимального оценивания: Постановка задачи. Оценки на основе байесовского критерия. Основные факты теории оптимального оценивания. Теорема Шермана.

**Тема 5.2.** Дискретный фильтр Калмана: Вывод этапа экстраполяции оценок по времени (между измерениями). Вывод этапа обновления оценок по измерениям.

**Тема 5.3.** Статистические свойства процессов внутри фильтра: Свойства процесса ошибок и обновляющего процесса. Использование свойств обновляющего процесса для проверки гипотез о возможных нарушениях модели.

**Тема 6.1.** Динамическое программирование и общая задача управления: Вводные концепции и варианты постановок задачи. Обратное уравнение Колмогорова.

**Тема 6.2.** LQG-задача оптимального управления: Формулировка задачи. Физически осуществимое управление.

**Тема 6.4.** Синтез LQG-оптимального управления: Решение задачи по методу стохастического динамического программирования.

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

### Темы рефератов:

1. Модели в пространстве состояний и в частотной области.
2. Эквивалентные преобразования моделей в пространстве состояний.
3. Построение стандартной управляемой модели по передаточной функции.
4. Построение стандартной наблюдаемой модели по передаточной функции.
5. Построение канонической модели по передаточной функции в случае простых и кратных полюсов.
6. Построение канонической модели по передаточной функции в случае комплексно-сопряженных полюсов.
7. Модели с многими входами и выходами в пространстве состояний: инвариантные к сдвигу по времени, переменные во времени, нелинейные.
8. Решение линейных уравнений состояния с постоянными и переменными параметрами в непрерывном и дискретном времени.

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

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

1. Применение преобразования Лапласа к решению линейных дифференциальных уравнений.
2. Понятия: передаточной функции, импульсной переходной характеристики, переходной характеристики.
3. Определения типов моделей систем: динамические / статические, линейные / детерминистские, сосредоточенные / распределенные, конечномерные параметрические / функциональные.
4. Модели в пространстве состояний и в частотной области.
5. Эквивалентные преобразования моделей в пространстве состояний.
6. Построение стандартной управляемой модели по передаточной функции. Определение ее свойств устойчивости, полной управляемости и наблюдаемости.
7. Построение стандартной наблюдаемой модели по передаточной функции. Определение ее свойств устойчивости, полной управляемости и наблюдаемости.
8. 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.
9. Построение канонической модели по передаточной функции в случае кратных полюсов. Определение ее свойств устойчивости, полной управляемости и наблюдаемости. Граф или блок-схема.
10. Построение канонической модели по передаточной функции в случае комплексно-сопряженных полюсов. Определение ее свойств устойчивости, полной управляемости и наблюдаемости. Граф или блок-схема.
11. Модели с многими входами и выходами в пространстве состояний: инвариантные к сдвигу по времени, переменные во времени, нелинейные. Вывод уравнения возмущенного движения. Пример.
12. Решение линейных уравнений состояния с переменными параметрами в непрерывном времени.
13. Решение линейных уравнений состояния с постоянными параметрами в непрерывном и в дискретном времени.
14. Управляемость. Теорема о полной управляемости непрерывных систем. Следствие и критерий полной управляемости систем с постоянными параметрами в непрерывном времени.
15. Управляемость. Теорема о полной управляемости дискретных систем. Следствие и критерий полной управляемости систем с постоянными параметрами в дискретном времени.
16. Наблюдаемость. Теорема о полной наблюдаемости непрерывных систем. Следствие и критерий полной наблюдаемости систем с постоянными параметрами в непрерывном времени.
17. Наблюдаемость. Теорема о полной наблюдаемости дискретных систем. Следствие и критерий полной наблюдаемости систем с постоянными параметрами в дискретном времени.
18. 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.
19. Стохастические процессы (СП): основные определения. Характеризация СП. Независимость, некоррелированность и стационарность для СП.

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

20. Построение дискретных моделей непрерывных систем. Вывод в пространстве переменных состояния.
21. Построение дискретных моделей непрерывных систем. Вывод в частотной области ( $z$ -преобразование).
22. Построение формирующих фильтров для моделирования стационарных в широком смысле случайных процессов.
23. Преобразование стационарных в широком смысле случайных процессов в линейных динамических системах.
24. Построение компьютерной модели случайного процесса с заданной корреляционной функцией.
25. Дискретное преобразование Лапласа,  $z$ -преобразование и дискретная передаточная функция.
26. Процесс броуновского движения, его характеристики и свойства траекторий.
27. Процесс гауссового белого шума, его формальное определение и свойства.
28. Стохастические интегралы. Стохастические дифференциалы.
29. Линейные стохастические дифференциальные уравнения, их формальное решение.
30. Построение алгоритма калмановской фильтрации в дискретном времени – экстраполяция по времени оценок и ковариаций.
31. Построение алгоритма калмановской фильтрации в дискретном времени – обновление оценок и ковариаций по измерениям.
32. Виды устойчивости (при нулевом входе): в малом, в большом, асимптотическая, экспоненциальная, BIBO-устойчивость (при ограниченном входе).
33. Устойчивость линейных систем – критерий Рауса-Гурвица в классической форме определителя и в виде таблиц с определителями не выше второго порядка.
34. Определения понятий сигнального графа: детерминант, петля, путь, кофактор. Вывод правила Мейсона на примере системы линейных алгебраических уравнений второго порядка.
35. Определения (разновидности) апостериорных оценок состояния. Критерии качества оценивания. Фундаментальные результаты теории оценивания (теорема Шермана).
36. Двухстадийный алгоритм оптимального оценивания состояния с линейными дискретными моделями систем. Стадия 1: экстраполяция оценок на шаг вперед (одношаговое предсказание – обновление оценок по времени).
37. Двухстадийный алгоритм оптимального оценивания состояния с линейными дискретными моделями систем. Стадия 2: обновление оценок по измерениям.
38. Оптимальное оценивание состояния линейной дискретной модели, матричное описание которой известно. Уравнения (итерации) Риккати.
39. Методы параметрической идентификации линейных стохастических систем. Точные модели и приближенные модели. Метод минимума ошибки предсказания выхода системы (MinimumOutputPredictionError method, Льюнг).
40. Метод минимума ошибки предсказания состояния системы (MinimumStatePredictionError method, Семушин).
41. Критерии оптимальности управления в детерминистском и стохастическом вариантах задачи. Решение этих задач: метод множителей Лагранжа – в детерминистском варианте задачи.
42. Метод динамического программирования Беллмана – в стохастическом варианте задачи управления.
43. Основные формулировки из теории стохастического оптимального управления систем. Принцип стохастической эквивалентности. Теорема разделения для оптимального стохастического  $LQG$ -управления.

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

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Форма обучения очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы	Объем в часах	Форма контроля
1.1. Обзор курса СМОУ. Система текущего контроля надлежащей успеваемости и финальное оценивание.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
2.1. Сквозные и относительные переменные элементов систем.	проработка учебного материала, решение задач, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
2.2. Дифференциальные уравнения физических систем	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
2.3. Аппарат преобразования Лапласа (ПЛ).	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
2.4. Передаточные функции линейных стационарных систем. Модели линейных систем в виде сигнальных графов.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
2.5. Компьютерный анализ систем управления.	проработка учебного материала, решение задач	2	Устный опрос, проверка реферата
3.1. Вывод уравнений фильтрации для условно-гауссовских процессов как в непрерывном, так и в дискретном времени.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
3.2. Фильтр Калмана в многомерном случае. Управление по неполным данным в дискретной схеме Калмана. Управление по неполным данным в непрерывной схеме Калмана.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
3.3. Решение задачи об управлении по неполным данным в случае дискретного времени	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата

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

методом динамического программирования. Принцип (теорема) разделения. Особенности, решение задачи в непрерывном времени.			
4.1. Стохастические процессы. Стационарные стохастические процессы.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
4.2. Моделирование стохастических систем. Моделирование случайных процессов.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
5.1. Задача оптимального оценивания.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
5.2. Дискретный фильтр Калмана.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
5.3. Статистические свойства процессов внутри фильтра.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
6.1. Динамическое программирование и задача управления	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
6.2. Оптимальное управление с точным знанием состояния.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
6.3. Оптимальное управление с неполными зашумленными измерениями состояния.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
6.4. Синтез LQG-оптимального управления.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата



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

## б) Программное обеспечение

Microsoft Office (MS Word, MS Excel, MS PowerPoint), MS Windows

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

### 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. IPRbooks : электронно-библиотечная система : сайт / группа компаний Ай Пи Ар Медиа. - Саратов, [2021]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. - Текст : электронный.

1.2. ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2021]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант студента : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2021]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2021]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2021]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. – Текст : электронный.

1.6. Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2021]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. – Текст : электронный.

1.7. Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2021]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрированных пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицинских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102> . – Режим доступа : для авторизованных пользователей. – Текст : электронный.

1.9. Русский язык как иностранный : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2021]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. – Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2021].



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

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления 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, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

## 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ 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

Семущин И.В.

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

### ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Содержание изменения или ссылка на прилагаемый текст изменения	ФИО заведующего кафедрой, реализующей дисциплину/выпускающей кафедрой	Подпись	Дата
1	Внесение изменений в п.п. в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы п. 11 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» с оформлением приложения 1	Волков М.А. Бутов А.А.		22.04.2022
2	Внесение изменений в п.п. в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы п. 11 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» с оформлением приложения 2	Волков М.А. Бутов А.А.		26.04.2023
3	Внесение изменений в п.п. в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы п. 11 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» с оформлением приложения 3	Волков М.А. Бутов А.А.		21.05.2024

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

## Приложение 1

### б) Программное обеспечение: МойОфис Стандартный, Альт Рабочая станция 8.

#### 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, [2022]. – 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, [2022]. - 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, [2022]. – 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, [2022]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2022]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2022]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2022]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9. База данных «Русский как иностранный» : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2022]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2022].

##### 3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий EastView : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2022]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2022]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД Гребенников. – Москва, [2022]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. **Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2022]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. **SMART Imagebase** : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebSCO.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

##### 6. Федеральные информационно-образовательные порталы:

6.1. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** : федеральный портал . – URL: <http://window.edu.ru/>. – Текст : электронный.

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

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

### 7. Образовательные ресурсы УлГУ:

7.1. 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.

Согласовано:

Заместитель начальника УИТиТ /Клочкова А.В.  \_\_\_\_\_

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

## Приложение 2

**б) Программное обеспечение:** МойОфис Стандартный, Альт Рабочая станция 8.

*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, [2023]. – 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, [2023]. - 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, [2023]. – 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, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - 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, [2023].

**3. Базы данных периодических изданий:**

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – 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.

Согласовано:

*Михаил Юсупов* | *Бурдин А.П.* | \_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_  
 Должность сотрудника УИТиТ | ФИО | подпись | дата

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

## Приложение 3

б) Программное обеспечение: МойОфис Стандартный, Альт Рабочая станция 8.

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.

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. **Базы данных периодических изданий: 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.

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