



Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

## 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).

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 «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.

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении последующих 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 ВО по 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-7 способность формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций	<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> </ul> <p>методы решения задач оценивания состояния по неполным и зашумленным наблюдениям;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>уметь:</b> применять методы стохастического моделирования сложных систем к экспериментальным или натурным данным;</li> </ul>
ПК-8 способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения	<p>изучать предмет самостоятельно, находить и прорабатывать релевантные литературные источники;</p> <p>использовать готовые пакеты имитационного моделирования данных; эффективно конспектировать новый материал, опираться на (и расширять) свои предыдущие знания;</p> <p>овладевать навыками системной организации своего рабочего времени; представлять в форме дифференциальных уравнений те физические законы или гипотезы, которым подчиняется изменение состояния изучаемых объектов;</p>

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

	<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 <u>очная</u> )	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
1	2*	8
		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	120	120
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	180	180

\* 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	Всего	Виды учебных занятий	Форма
-------------------	-------	----------------------	-------

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

и тем		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	текущего контроля знаний
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
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.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
<b>Раздел 2. Дифференциальные уравнения физических систем</b>							
2.1. Сквозные и относительные переменные элементы систем.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
2.2. Дифференциальные уравнения физических систем	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
2.3. Аппарат преобразования Лапласа (ПЛ).	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
2.4. Передаточные функции линейных стационарных систем. Модели линейных систем в виде сигнальных графов.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
2.5. Компьютерный анализ систем управления.	10	1	1			8	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.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Тема 3.2. Фильтр Калмана в многомерном случае. Управление по неполным данным в дискретной схеме Калмана. Управление по неполным данным в непрерывной схеме Калмана.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка 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.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
<b>Раздел 4. Стохастические процессы и линейные динамические системы</b>							
4.1. Стохастические процессы. Стационарные стохастические процессы.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
4.2. Моделирование стохастических систем. Моделирование случайных процессов.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
<b>Раздел 5. Оценивание состояния линейных моделей систем</b>							
5.1. Задача оптимального оценивания.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
5.2. Дискретный фильтр Калмана.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

5.3. Статистические свойства процессов внутри фильтра.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
<b>Раздел 6. Задача стохастического оптимального управления с линейными дискретными моделями систем</b>							
6.1. Динамическое программирование и задача управления	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
6.2. Оптимальное управление с точным знанием состояния.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
6.3. Оптимальное управление с неполными зашумленными измерениями состояния.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
6.4. Синтез LQG-оптимального управления.	10	1	1			8	Устный опрос, проверка реферата
Итого	180	18	18			120	

## 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

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

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.

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.

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**Тема 3.2.** 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 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.

**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

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

### 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 в дискретном времени.

### 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.

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

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.
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).

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

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.

## 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	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

систем в виде сигнальных графов.			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 методом динамического программирования. Принцип (теорема) разделения. Особенности, решение задачи в непрерывном времени.	проработка учебного материала, реферат	2	Устный опрос, проверка реферата
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

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

			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

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная литература:

Стохастические модели, оценки и управление

1. Рачков, М. Ю. Оптимальное управление в технических системах : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 120 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-09144-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/437559>

2. Семушин Иннокентий Васильевич. Детерминистские модели динамических систем : учеб. пособие / Семушин Иннокентий Васильевич, Ю. В. Цыганова; УлГУ. - Ульяновск : УлГУ, 2006. - 77 с.

#### 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>

2. Матросов В.М., Нелинейная теория управления: динамика, управление, оптимизация [Электронный ресурс] / Под ред. В.М. Матросова, С.Н. Васильева, А.И. Москаленко. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 352 с. - ISBN 5-9221-0421-7 — URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922104217.html>

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

1. Управление по неполным данным : учеб. пособие. Ч. 1 / А. А. Бутов, М. А. Волков, А. А. Коваленко, С. А. Хрусталева; УлГУ, ФМИиАТ. - Ульяновск : УлГУ, 2018. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,23 МБ). — URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/1206/Butov2018-3.pdf>

2. Семушин Иннокентий Васильевич. Стохастические модели и оценки : лаборат. практикум по курсу "Теория оптимального управления" / Семушин Иннокентий Васильевич, 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>

3. Семушин Иннокентий Васильевич. Стохастические модели, оценки и управление : раздел: Детерминистские модели динамических систем: метод. пособие / Семушин Иннокентий Васильевич, Ю. В. Цыганова; УлГУ. - Ульяновск : УлГУ, 2007. - 58 с.

**учебно-методическая:**

4. Семушин И. В. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Стохастические модели, оценки и управление» для студентов бакалавриата по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» / И. В. Семушин; УлГУ, ФМИиАТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Загл. с экрана; Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 737 КБ). — URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/7997>

Согласовано:

ДИРЕКТОР НБ / БУРХАНОВА М.М. / 2022  
Должность сотрудника научной библиотеки ФИО подпись дата

**б) Программное обеспечение**

MicrosoftOffice (MSWord, MSExcel, MSPowerPoint), MSWindows

**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.

Министерство высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

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. SMARTImagebase:** 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](http://window.edu.ru/) : федеральный портал . – URL: <http://window.edu.ru/>. – Текст : электронный.

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

### **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 высшего образования и науки РФ ФБОУ ВО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

### 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.	 	26.04.2023
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.	 	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, [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

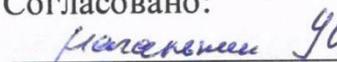
3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**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:

  
Должность сотрудника УИТиТ

  
ФИО

  
подпись

  
дата

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, [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.