

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

Институт электронных и информационных систем

Кафедра прикладной математики и информатики



С.И. Эминов

«25» декабря 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебной дисциплины
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

по направлению подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) Прикладная математика и информатика

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела обеспечения
деятельности ИЭИС

П.В. Лысухо

«25» 12 2020 г.

Разработал

Профессор кафедры ПМИ

А.В. Колногоров

«18» декабря 2020 г.

Принято на заседании кафедры

Протокол № 5 от «24» 12 2020 г.

Заведующий кафедрой ПМИ

А.С. Татаренко

«24» 12 2020 г.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Цель освоения учебной дисциплины: формирование в рамках компетентностного подхода системы знаний по теории систем и системному анализу, включающих анализ устойчивости, управляемости и наблюдаемости, построение алгоритмов управления и наблюдения, синтез управляющих систем из элементарных звеньев, а также умений и навыков решения фундаментальных и прикладных задач методами, используемыми в рассматриваемых разделах прикладной математики.

Задачи:

- а) формирование у студентов системы теоретических знаний, позволяющих решать задачи теории систем и системного анализа;
- б) формирование умений вычислительного характера, на которых базируется решение типовых заданий учебной дисциплины;
- в) стимулирование студентов к самостоятельной деятельности по освоению учебной дисциплины и формированию необходимых компетенций.

2 Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана основной профессиональной образовательной программы направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика и направленности (профилю) Прикладная математика и информатика (далее – ОПОП). В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин (модулей, практик): Математический анализ, Теория алгоритмов, Дискретная математика, Дифференциальные уравнения, Теория вероятностей. Освоение учебной дисциплины является компетентностным ресурсом для дальнейшего изучения следующих дисциплин (модулей, практик): Методы оптимизации, Практика производственная: практика проектно-технологическая.

3 Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебной дисциплины:

Профессиональные компетенции:

ПК-2 Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

Таблица 1 – Результаты освоения учебной дисциплины

<i>Код и наименование компетенции</i>	<i>Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)</i>		
ПК-2 Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.	ПК-2.1 Знать углубленные понятия дисциплин современного математического аппарата, методы, место и роль этих дисциплин в решении научно-практических задач	ПК-2.2 Уметь применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и	ПК-2.3 Владеть инструментарием для решения задач в области прикладной математики и информатики; инструментарием формально-логической

	с использованием современного математического аппарата при разработке, внедрении и сопровождении информационных технологий и систем.	информатики, при разработке, внедрении и сопровождении информационных технологий и систем; применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов и построению математических моделей.	концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении математических моделей процессов и явлений, при разработке, внедрении и сопровождении информационных технологий и систем.
--	--	---	---

4 Структура и содержание учебной дисциплины

4.1 Трудоемкость учебной дисциплины

4.1.1 Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения представлена в таблице 2

Таблица 2 – Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения

Части учебной дисциплины (модуля)	Всего	Распределение по семестрам
		6 семестр
1 Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	4
2 Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	56	56
3 Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) (при наличии)	-	-
4 Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	88	88
5 Промежуточная аттестация (зачет; дифференцированный зачет; экзамен) (АЧ)	ДЗ	ДЗ

4.2 Содержание учебной дисциплины

Раздел № 1. Устойчивость

- 1.1. Общие сведения об устойчивости линейных систем
- 1.2. Алгебраические критерии устойчивости. Критерии Рауса и Гурвица
- 1.3. Графические критерии. Критерии Михайлова и Найквиста
- 1.4. Устойчивость нелинейных систем. Функция Ляпунова. Робастная устойчивость

Раздел № 2. Управляемость, методы управления

- 2.1. Критерий управляемости линейной системы с постоянными параметрами. Каноническая форма управляемости

2.2 Улучшение динамических свойств линейных систем с помощью обратной связи. Обеспечение устойчивости стабилизируемой системы

2.3. Задача линейного оптимального управления. Необходимые условия оптимальности

2.4. Уравнение Риккати. Установившееся решение задачи

Раздел № 3. Наблюдаемость, методы наблюдения

3.1. Критерий наблюдаемости линейной системы с постоянными параметрами. Каноническая форма наблюдаемости

3.2. Понятие наблюдателя. Необходимые условия. Устойчивость наблюдателя обнаруживаемой системы

3.3. Задача об оптимальном линейном наблюдателе. Фильтр Калмана-Бьюси. Установившиеся свойства оптимального наблюдателя

Раздел № 4. Синтез систем на основе типовых звеньев

4.1. Преобразование Лапласа. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа

4.2. Типовые динамические звенья не выше второго порядка. Передаточные функции и структурные схемы типовых динамических звеньев. Временные и частотные характеристики

4.3. Структурная схема и передаточная функция линейной системы. Разложения передаточной функции. Синтез систем на основе последовательного и параллельного соединения типовых динамических звеньев

4.3 Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

Таблица 3 – Трудоемкость разделов учебной дисциплины

№	Наименование разделов (тем) учебной дисциплины (модуля), УЭМ, наличие КП/КР	Контактная работа (в АЧ)				Внеауд. СРС (в АЧ)	Формы текущего контроля
		Аудиторная			В т.ч. СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР			
1	Устойчивость	6	6	-	2	22	Выполнение контрольной работы 1
2	Управляемость, методы управления	9	9	-	2	22	Выполнение домашнего задания 1, Выполнение контрольной работы 2, Выполнение домашнего задания 2
3	Наблюдаемость, методы наблюдения	7	7	-	2	22	Выполнение контрольной работы 3, Выполнение домашнего задания 3
4	Синтез систем на основе типовых звеньев	6	6	-	2	22	Выполнение домашнего задания 4, Собеседование
	Промежуточная аттестация						ДЗ
	ИТОГО	28	28	-	8	88	

4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

4.4.2 Примерные темы курсовых работ/курсовых проектов:

Курсовые работы /курсовые проекты не предусмотрены учебным планом.

5 Методические рекомендации по организации освоения учебной дисциплины

Таблица 4 – Методические рекомендации по организации лекций

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
1	Определение и общие сведения о линейных системах управления (информационная лекция)	1
2	Линеаризация. Примеры линейных систем управления (лекция-презентация)	1
3	Определение и общие сведения об устойчивости дифференциальных систем. Общие критерии устойчивости линейных систем с постоянными параметрами (проблемная лекция)	1
4	Алгебраические критерии устойчивости. Критерии Рауса и Гурвица (информационная лекция)	1
5	Графические критерии. Критерии Михайлова и Найквиста (информационная лекция)	1
6	Устойчивость нелинейных систем. Функция Ляпунова. Робастная устойчивость (проблемная лекция)	2
7	Общее решение уравнения состояния линейной системы. Фундаментальная матрица. Матричная импульсная переходная функция. Матричная переходная функция (информационная лекция)	2
8	Управляемость линейных систем. Критерий управляемости. Критерий управляемости линейной системы с постоянными параметрами (информационная лекция)	1
9	Каноническая форма управляемости. Приведение не полностью управляемой линейной системы к канонической форме управляемости (информационная лекция)	1
10	Улучшение динамических свойств линейных систем с помощью обратной связи. Обеспечение устойчивости стабилизируемой системы (информационная лекция)	1
11	Задача линейного оптимального управления. Необходимые условия оптимальности (информационная лекция)	2
12	Линейно-квадратичный регулятор. Уравнение Риккати. Установившееся решение задачи (проблемная лекция)	2
13	Наблюдаемость линейных систем. Критерий наблюдаемости. Критерий наблюдаемости линейной системы с постоянными параметрами (информационная лекция)	1
14	Каноническая форма наблюдаемости. Приведение не полностью наблюдаемой линейной системы к канонической форме наблюдаемости (информационная лекция)	1
15	Понятие наблюдателя. Необходимые условия. Устойчивость наблюдателя обнаруживаемой системы (информационная лекция)	2
16	Задача об оптимальном линейном наблюдателе. Фильтр Калмана (информационная лекция)	1
17	Фильтр Калмана-Бьюси. Установившиеся свойства оптимального наблюдателя (информационная лекция)	1
18	Преобразование Лапласа. Таблица оригиналов и изображений (лекция-презентация)	1
19	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа (информационная лекция)	1

20	Типовые динамические звенья не выше второго порядка. Передаточные функции и структурные схемы типовых динамических звеньев. Временные и частотные характеристики (<i>лекция-презентация</i>)	2
21	Структурная схема и передаточная функция линейной системы. Разложения передаточной функции (<i>информационная лекция</i>)	1
22	Синтез систем на основе последовательного и параллельного соединения типовых динамических звеньев (<i>информационная лекция</i>)	1
	ИТОГО	28

Таблица 5 – Методические рекомендации по организации практических занятий

№	Темы практических занятий (форма проведения)	Трудоемкость в АЧ
1	Линеаризация систем управления (<i>работа в группе</i>)	1
2	Проверка устойчивости систем с помощью алгебраических критериев Рауса и Гурвица (<i>работа в группе</i>)	1
3	Проверка устойчивости систем с помощью графических критериев Михайлова и Найквиста (<i>работа в группе</i>)	1
4	Проверка робастной устойчивости систем с помощью критериев Харитонов и Цыпкина-Поляка (<i>работа в группе</i>)	1
5	Проверка устойчивости нелинейных систем с помощью функции Ляпунова (<i>работа в группе</i>)	1
6	Выполнение контрольной работы по проверке устойчивости систем (<i>подготовка документа</i>)	1
7	Нахождение общего решения дифференциальной системы и переходных функций в скалярном случае (<i>работа в группе</i>)	1
8	Нахождение матричной экспоненты. Нахождение общего решения дифференциальной системы с постоянными параметрами и переходных функций в общем случае (<i>работа в группе</i>)	1
9	Проверка управляемости систем с постоянными параметрами. Приведение к канонической форме управляемости (<i>работа в группе</i>)	2
10	Обеспечение устойчивости стабилизируемой системы с использованием обратной связи (<i>работа в группе</i>)	1
11	Задача линейного оптимального управления. Поиск решения с использованием необходимых условий оптимальности (<i>работа в группе</i>)	1
12	Решение задачи линейно-квадратичного регулятора с использованием матричного уравнения Риккати (<i>работа в группе</i>)	1
13	Нахождение установившегося решения с использованием матричного уравнения Риккати (<i>работа в группе</i>)	1
14	Выполнение контрольной работы по алгоритмам управления (<i>подготовка документа</i>)	1
15	Проверка наблюдаемости систем с постоянными параметрами. Приведение к канонической форме наблюдаемости (<i>работа в группе</i>)	2
16	Построение устойчивого наблюдателя обнаруживаемой системы (<i>работа в группе</i>)	1
17	Построение фильтра Калмана (<i>работа в группе</i>)	2
18	Посторонние фильтра Калмана-Бьюси (<i>работа в группе</i>)	1
19	Выполнение контрольной работы по алгоритмам наблюдения (<i>подготовка документа</i>)	1
20	Преобразование Лапласа. Нахождение изображений по оригиналам (<i>работа в группе</i>)	1
21	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с использованием преобразования Лапласа (<i>работа в группе</i>)	2
22	Построение структурных схем систем управления с постоянными коэффициентами (<i>работа в группе</i>)	1
23	Синтез систем на основе последовательного соединения типовых динамических	1

	звеньев (<i>работа в группе</i>)	
24	Синтез систем на основе параллельного соединения типовых динамических звеньев (<i>работа в группе</i>)	1
	ИТОГО	28

6 Фонд оценочных средств учебной дисциплины

Фонд оценочных средств представлен в Приложении А.

7 Условия освоения учебной дисциплины

7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методического обеспечение учебной дисциплины представлено в Приложении Б.

7.2 Материально-техническое обеспечение

Таблица 6 – Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

<i>№</i>	<i>Требование к материально-техническому обеспечению</i>	<i>Наличие материально-технического оборудования и программного обеспечения</i>
1	Наличие специальной аудитории	Мультимедийная аудитория 3315
2	Мультимедийное оборудование	Проектор, компьютер, экран, интерактивная доска
3	Программное обеспечение	Программа «EXCEL», программа «Trik-Studio» - свободно распространяемое ПО для программирования систем управления

Приложение А
(обязательное)

**Фонд оценочных средств
учебной дисциплины Системный анализ**

1 Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

а) открытая часть – общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;

б) закрытая часть – фонд вопросов и заданий, которая не может быть заранее доступна для обучающихся (экзаменационные билеты, вопросы к контрольной работе и пр.) и которая хранится на кафедре.

2 Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

Таблица А.1 – Перечень оценочных средств

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы (темы) учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
1	Контрольная работа 1	Критерии устойчивости	30	ПК-2.1
2	Домашнее задание 1	Общее решение уравнения состояния. Переходная и импульсная переходная функции	20	ПК-2.2
3	Контрольная работа 2	Каноническая форма управляемости. Стабилизация управления обратной связью	30	ПК-2.3
4	Домашнее задание 2	Алгоритмы оптимального управления	20	ПК-2.1
5	Контрольная работа 3	Каноническая форма наблюдаемости. Построение устойчивого наблюдателя	30	ПК-2.3
6	Домашнее задание 3	Фильтр Калмана-Бьюси	20	ПК-2.2
7	Домашнее задание 4	Синтез систем управления на основе элементарных звеньев не выше второго порядка	20	
	Собеседование	Собеседование по курсу	30	ПК-2.1, ПК-2.2
Промежуточная аттестация				
	Дифференцированный зачет			
	ИТОГО		200	

3 Рекомендации к использованию оценочных средств

Таблица А.2 – Контрольная работа 1

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество заданий в одном варианте

«3» 18-22 баллов. Решено не менее 50% задач. Не совсем точные и полные решения.	10	6
«4» 23-26 баллов. Решено не менее 75% задач. Достаточно точные и полные решения.		
«5» 27-30 баллов. Решено не менее 90% задач. Даны точные и полные решения.		

Пример контрольной работы 1:

1. Исследовать на устойчивость систему с постоянной матрицей

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2. Исследовать на устойчивость с помощью критерия Рауса многочлены

$$D(s) = s^5 + 2s^4 + s^3 + s^2 + 2s + 1 \quad D(s) = 4s^4 + 4s^3 + 3s^2 + 2s + 1$$

3. Исследовать на устойчивость с помощью критерия Гурвица многочлены

$$D(s) = 2s^4 + s^3 + s^2 + 2s + 1 \quad D(s) = s^5 + 4s^4 + 4s^3 + 3s^2 + 2s + 1$$

4. Исследовать на устойчивость с помощью критерия Михайлова многочлены

$$D(s) = 2s^4 + s^3 + s^2 + 2s + 1 \quad D(s) = 3s^2 + s + 1$$

5. Дан многочлен $D(s) = as^3 + bs^2 + cs + d$, где $1 \leq a \leq 2$, $0.5 \leq b \leq 1$, $1.5 \leq c \leq 2$, $3 \leq d \leq 4$. Какие 4 многочлена надо проверить на устойчивость, чтобы $D(s)$ был устойчивым при любых допустимых a, b, c, d ? Выполнять проверку не нужно.

6. Исследовать на устойчивость с помощью функции Ляпунова системы

$$\dot{x} = 3x^3 \quad \dot{x} = -(2 + \cos 2x)x \quad \dot{x} = -3\operatorname{tg}(x)$$

Таблица А.3 – Домашнее задание 1

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество заданий в одном варианте
«3» 12-14 баллов. Получены не совсем точные и полные результаты	10	3
«4» 15-17 баллов. Получены достаточно точные и полные результаты		
«5» 18-20 баллов. Получены точные и полные результаты		

Пример домашнего задания 1:

1. Дана система

$$\dot{x} = -tx + (\sin t)u$$

$$y = (1 - e^{-2t})x$$

Найти $\Phi(t, t_0)$, общий вид решения $x(t)$, функции $K(t, \tau)$, $S(t, \tau)$.

2. Дана матрица

$$A = \begin{bmatrix} -11 & 4 \\ -30 & 11 \end{bmatrix}$$

Найти e^{At} .

3. Дана система

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -11 & 4 \\ -30 & 11 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u; \quad y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} x$$

Найти общий вид решения $x(t)$, функции $K(t, \tau)$, $S(t, \tau)$.

Таблица А.4 – Контрольная работа 2

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество заданий в одном варианте
«3» 18-22 баллов. Решено не менее 50% задач. Не совсем точные и полные решения.	10	3
«4» 23-26 баллов. Решено не менее 75% задач. Достаточно точные и полные решения.		
«5» 27-30 баллов. Решено не менее 90% задач. Даны точные и полные решения.		

Пример контрольной работы 2:

1. Дана система

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t)$$

Является ли она полностью управляемой? Если нет, привести ее к канонической форме управляемости и проверить, является ли она стабилизируемой.

2. Дана система

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t).$$

Проверьте, что система полностью управляема и определите такое управление с обратной связью $u(t) = -F \cdot x(t) + u'(t)$, что оба собственных значения матрицы $A - BF$ будут равны -1.

3. Дана система

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t).$$

Можно ли определить такое управление с обратной связью $u(t) = -F \cdot x(t) + u'(t)$, что все собственные значения матрицы $A - BF$ будут равны -2? -1?

Таблица А.5 – Домашнее задание 2

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество заданий в одном варианте
«3» 12-14 баллов. Получены не совсем точные и полные результаты	10	2
«4» 15-17 баллов. Получены достаточно точные и полные результаты		
«5» 18-20 баллов. Получены точные и полные результаты		

Пример домашнего задания 2:

1. Найдите общий вид решения задачи оптимального управления

$$\int_0^1 (\dot{x}^2(t) + \dot{x}^2(t) + u^2(t))dt + x^2(1) \rightarrow \min \quad \text{при ограничениях}$$

$\ddot{x}(t) - x(t) = u(t), \quad x(0) = 0, \quad \dot{x}(0) = 1$ и выпишите условия для определения констант.

2. С использованием матричного уравнения Риккати найдите установившееся решение в задаче оптимального управления

$$\int_0^{\infty} (2x^2(t) + u^2(t)) dt \rightarrow \min, \quad \ddot{x}(t) = -\dot{x}(t) + x(t) + u(t).$$

Таблица А.6 – Контрольная работа 3

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество заданий в одном варианте
«3» 18-22 баллов. Решено не менее 50% задач. Не совсем точные и полные решения.	10	3
«4» 23-26 баллов. Решено не менее 75% задач. Достаточно точные и полные решения.		
«5» 27-30 баллов. Решено не менее 90% задач. Даны точные и полные решения.		

Пример контрольной работы 3:

1. Дана система

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 2 \end{bmatrix} \cdot u(t), \quad y(t) = [0 \quad 2 \quad 3] \cdot x(t)$$

Является ли она полностью наблюдаемой? Если нет, привести ее к канонической форме наблюдаемости и проверить, является ли она обнаруживаемой.

2. Дана система

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t), \quad y(t) = [2 \quad 1] \cdot x(t)$$

Проверьте, что система полностью наблюдаема и определите такой наблюдатель

$\dot{\hat{x}}(t) = A \cdot \hat{x}(t) + B \cdot u(t) + K \cdot (y(t) - C \cdot \hat{x}(t))$, что оба собственных значения матрицы $A - KC$ будут равны -1.

3. Дана система

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 2 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t), \quad y(t) = [2 \quad 1] \cdot x(t)$$

Можно ли определить такой наблюдатель $\dot{\hat{x}}(t) = A \cdot \hat{x}(t) + B \cdot u(t) + K \cdot (y(t) - C \cdot \hat{x}(t))$, что оба собственных значения матрицы $A - KC$ будут равны -2.

Таблица А.7 – Домашнее задание 3

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество заданий в одном варианте
«3» 12-14 баллов. Получены не совсем точные и полные результаты	10	2
«4» 15-17 баллов. Получены достаточно точные и полные результаты		
«5» 18-20 баллов. Получены точные и полные результаты		

Пример домашнего задания 3:

1. Дана система

$$\dot{x}(t) = -x(t) + w_1(t), \quad y(t) = x(t) + w_2(t),$$

где $V_1(t) = V_2(t) = 2$.

Найдите установившееся решение для оптимального наблюдателя (фильтра Калмана-Бьюси).

2. Дана система

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t), \quad y(t) = [1 \quad 1] \cdot x(t) + w_2(t),$$

где $V_2(t) = 2$.

Найдите установившееся решение для оптимального наблюдателя (фильтра Калмана-Бьюси).

Таблица А.8 – Домашнее задание 4

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество заданий в одном варианте
«3» 12-14 баллов. Получены не совсем точные и полные результаты	10	2
«4» 15-17 баллов. Получены достаточно точные и полные результаты		
«5» 18-20 баллов. Получены точные и полные результаты		

Пример домашнего задания 4:

1. С помощью преобразования Лапласа решить дифференциальные уравнения

а) $\dot{x} - x = e^{2t}$ с начальным условием $x(0) = 1$;

б) $\ddot{x} - \dot{x} - 6x = t$ с начальными условиями $x(0) = 0, \dot{x}(0) = 1$.

2. Для системы, описываемой уравнением

$$\ddot{y} + 7\dot{y} + 12y = \ddot{u} + 3\dot{u} + 2u$$

выполнить синтез с использованием элементарных звеньев не выше второго порядка

а) соединенных последовательно;

б) соединенных параллельно.

В обоих случаях начертить структурную схему.

Таблица А.9 – Собеседование

Критерии оценки	Количество вариантов заданий	Количество вопросов
«3» 18-22 баллов. Не совсем точные и полные ответы.	16	2
«4» 23-26 баллов. Достаточно точные и полные ответы		
«5» 27-30 баллов. Даны точные и полные ответы.		

Примерные вопросы для собеседования:

1. Определение и общие сведения о линейных системах управления Линеаризация.
2. Примеры линейных систем управления.
3. Определение и общие сведения об устойчивости дифференциальных систем.
4. Общие критерии устойчивости линейных систем с постоянными параметрами.
5. Алгебраические критерии устойчивости. Критерии Рауса и Гурвица.
6. Графические критерии. Критерии Михайлова и Найквиста.

7. Устойчивость нелинейных систем. Функция Ляпунова.
8. Робастная устойчивость.
9. Общее решение уравнения состояния линейной системы. Фундаментальная матрица.
10. Матричная импульсная переходная функция. Матричная переходная функция.
11. Управляемость линейных систем. Критерий управляемости.
12. Критерий управляемости линейной системы с постоянными параметрами.
13. Каноническая форма управляемости. Приведение не полностью управляемой линейной системы к канонической форме управляемости.
14. Улучшение динамических свойств линейных систем с помощью обратной связи. Обеспечение устойчивости стабилизируемой системы.
15. Задача оптимального управления.
16. Необходимые условия оптимальности линейно-квадратичного регулятора.
17. Линейно-квадратичный регулятор. Уравнение Риккати.
18. Установившееся решение задачи линейно-квадратичного регулятора.
19. Наблюдаемость линейных систем. Критерий наблюдаемости.
20. Критерий наблюдаемости линейной системы с постоянными параметрами.
21. Каноническая форма наблюдаемости. Приведение не полностью наблюдаемой линейной системы к канонической форме наблюдаемости.
22. Понятие наблюдателя. Необходимые условия. Устойчивость наблюдателя обнаруживаемой системы.
23. Задача об оптимальном линейном наблюдателе. Фильтр Калмана.
24. Фильтр Калмана-Бьюси. Установившиеся свойства оптимального наблюдателя.
25. Преобразование Лапласа. Таблица оригиналов и изображений.
26. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа.
27. Типовые динамические звенья не выше второго порядка. Передаточные функции и структурные схемы типовых динамических звеньев.
28. Временные и частотные характеристики динамических звеньев не выше второго порядка.
29. Структурная схема и передаточная функция линейной системы.
30. Разложения передаточной функции линейной системы.
31. Синтез систем на основе последовательного соединения типовых динамических звеньев.
32. Синтез систем на основе параллельного соединения типовых динамических звеньев.

Все материалы для проведения промежуточного контроля хранятся на кафедре.

Приложение Б
(обязательное)
**Карта учебно-методического обеспечения
учебной дисциплины Системный анализ**

Таблица Б.1 – Основная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие для вузов / А. А. Первозванский. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 615, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов, Специальная литература). - Библиогр.: с. 604-609. - Прил.: с. 583-603. - Указ.: с. 610-615. - ISBN 978-5-8114-0995-2 : (в пер.) : 570.02, 1000 экз.	20	
2. Антонов А.В. Системный анализ : учебник для вузов. - Москва : Высшая школа, 2004. - 451, [2] с. : ил. - Библиогр.: с. 446-449. - ISBN 5-06-004862-4 : (в пер.) : 299.00.	7	
3. Жабко А. П. Сборник задач и упражнений по теории управления. Стабилизация программных движений : учебное пособие для вузов. - Москва : Высшая школа, 2003. - 285, [2] с. : ил. - Библиогр.: с. 285-286. - ISBN 5-06-004395-7 : 147.62. - ISBN 978-5-060-04395-2 : 161.70.	12	
Электронные ресурсы		
1 Колногоров А. В. Модели и свойства линейных систем управления : учебное пособие / А. В. Колногоров ; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2017. - 60, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 60. - 35.00, 100 экз. - URL: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2869	20	БиблиоТех

Таблица Б.2 – Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1. Волкова В. Н. Теория систем и системный анализ : учебник для вузов / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. - Москва : Юрайт, 2010. - 678, [2] с. : ил. - (Университеты России). - Библиогр.: с. 673-679. - Указ.: с. 664-672. - ISBN 978-5-9916-0229-7. - ISBN 978-5-9692-0421-8 : (в пер.) : 456.61, 1500 экз.	2	
2. Пантелеев А. В. Теория управления в примерах и задачах : учебное пособие для вузов. - Москва : Высшая школа, 2003. - 582, [2] с. : ил. - (Прикладная математика для ВТУЗов). - Библиогр.: с. 581-583. - ISBN 5-06-004136-0. - ISBN 978-5-06-004136-1 : (в пер.) : 144.90. - 287.76.	2	
3. Егоров А. И. Основы теории управления. - Москва : Физматлит, 2004. - 502 с. : ил. - Библиогр.: с. 485-491. - Указ.: с. 494-497. - ISBN 5-9221-0543-4 : (в пер.) : 312.00.	1	

Новгородский государственный
университет им. Ярослава Мудрого
Научная библиотека
Сектор учета *Колос*

4. Лурье Б.Я. Классические методы автоматического управления. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2004. - 624с. : ил. - (Учебное пособие). - Библиогр.: с. 603-606. - Прил.: с. 479-602. - Указ.: с. 617-624. - ISBN 5-94157-356-1. - ISBN 978-5-941-57356-1 : (в пер.) : 272.00. - 200.00.	2	
Электронные ресурсы		
1. TRIK -Studio. – URL: www.trikset.com/ Свободно распространяемое ПО		

Проверено НБ НовГУ

Зав. кафедрой А.С. Татаренко А.С. Татаренко
 И.О. Фамилия
 « 24 » 12 2010 г.

Новгородский государственный
 университет им. Ярослава Мудрого
 Научная библиотека
 Сектор учета Калин

**Лист актуализации рабочей программы
учебной дисциплины Системный анализ**

Разработчик: д-р А. В. Колмогоров
Зав. кафедрой Григорьев А. С. Григорьев

Зав. кафедрой _____

Зав. кафедрой _____

Таблица В.1 — Перечень изменений, внесенных в рабочую программу:

[illegible]