

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно – научный институт
промышленных технологий машиностроения (ИПТМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Манцеров С.А.

“06” 06. 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.4 Статистическая динамика автоматических систем

для подготовки магистров

Направление подготовки: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность: Роботы и робототехнические системы

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023 г.

Выпускающая кафедра: АМ

Кафедра-разработчик: АМ

Объем дисциплины: 72/2

Промежуточная аттестация: Зачет

Разработчик: Окунев А.В., ассистент

Нижний Новгород 2023 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ

от 14 августа 2020 г. № 1023 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от 18.05.2023 г. № 21

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 30 мая 2023 г. № 7
Зав. кафедрой к.т.н, доцент, Манцеров С.А. _____

подпись

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИПТМ, Протокол от 06 июня 2023 г. №12

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ _____ № 15.04.06-Р-4
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ

(подпись)

Н.И. Кабанина

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	5
4. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины	8
5. Структура и содержание дисциплины	11
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	16
7. Информационное обеспечение дисциплины	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ	18
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине	19
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины	19
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины	21

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины является изучение процессов управления динамическими объектами, находящимися под воздействием случайных возмущений, в целях привития студентам навыков, необходимых для формулировки обоснованного технического задания на проектирование сложной стохастической системы управления техническим объектом или технологическим процессом.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- Разработка систем автоматического управления мехатронных и робототехнических систем;
- Освоение программных средств стохастических систем управления;
- Освоение инженерных методов вероятностного расчета и проектирования сложных систем

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебная дисциплина (модуль) Б1.Б.4 «Статистическая динамика автоматических систем» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника». Дисциплина изучается на 1 курсе в первом семестре.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Теория автоматического управления» в объёме курса бакалавриата, «Теория вероятностей и математическая статистика» в объёме курса бакалавриата, «Технологические процессы автоматизированных производств» в объёме курса бакалавриата.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины «Статистическая динамика автоматических систем» необходимы при изучении дисциплин: «Информационные системы в мехатронике и робототехнике», «Методы и теория оптимизации», «Элементы микропроцессорной техники», «Математические методы обработки экспериментальных данных», «Технические средства автоматизации и управления технологическим оборудованием и РТС» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Статистическая динамика автоматических систем» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки магистра			
	1	2	3	4
Статистическая динамика автоматических систем ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6	✓			
Методы и теория оптимизации ОПК-6	✓			
Информационные системы в мехатронике и робототехнике ОПК-4			✓	
Элементы микропроцессорной техники ОПК-4			✓	
Математические методы обработки экспериментальных данных ОПК-1			✓	
Технические средства автоматизации и управления технологическим оборудованием и РТС ОПК-4				✓
Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы ОПК-1, ОПК-4, ОПК-6				✓

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства	
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Использует основные физические явления и законы, инженерные знания.	Знать: теорию вероятностей и математическую статистику; Уметь: применять вероятностно-статистический подход к оценке точности и качества технологических процессов, изготавливаемой продукции, измерений и испытаний Владеть: методами теории вероятностей и математической статистики	Вопросы для письменного опроса. Итоговое тестирование	Вопросы для письменного опроса. Итоговое тестирование
	ИОПК-1.2 Применяет физико-математические методы, методы математического анализа и моделирования для решения задач в области мехатроники и робототехники, используя программные системы, предназначенные для математического и имитационного моделирования	Знать: теорию вероятностей и математическую статистику; Уметь: применять вероятностно-статистический подход к оценке точности и качества технологических процессов, изготавливаемой продукции, измерений и испытаний Владеть: методами теории вероятностей и математической статистики		
ОПК-4. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов	ИОПК-4.1. Анализирует технологические процессы, использует современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов, выбирает функциональные схемы их автоматизации	Знать: - методы построения математических моделей САУ. Передаточные функции и частотные характеристики САУ; - программно-технические средства, используемые для обработки информации робототехнических систем; Уметь: - составлять математические модели линейных САУ; проводить исследование САУ методами математического и натурного моделирования; составлять математические модели нелинейных САУ; Владеть: - математическим аппаратом теории непрерывных и дискретных САУ, методами анализа устойчивости и точности непрерывных и дискретных САУ; методами синтеза САУ.	Вопросы для письменного опроса. Итоговое тестирование	Вопросы для письменного опроса. Итоговое тестирование
	ИОПК-4.2. Применяет навыки программно-технических средств для построения мехатронных и робототехнических систем, использует программную систему для математического и имитационного моделирования	Знать: - методы построения математических моделей САУ. Передаточные функции и частотные характеристики САУ; - программно-технические средства, используемые для обработки информации робототехнических систем; Уметь:		

		<p>-составлять математические модели линейных САУ; проводить исследование САУ методами математического и натурального моделирования; составлять математические модели нелинейных САУ;</p> <p>Владеть:</p> <p>- математическим аппаратом теории непрерывных и дискретных САУ, методами анализа устойчивости и точности непрерывных и дискретных САУ; методами синтеза САУ.</p>		
ОПК-6. Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ИОПК-6.1. Выбирает оборудование для реализации технологических процессов в области мехатроники и робототехники, используя аналоги и прототипы конструкций при их проектировании. Проектирует типовые технологические процессы изготовления продукции	<p>Знать:</p> <p>- стандартные программные средства для описания мехатронных и робототехнических систем;</p> <p>Уметь:</p> <p>- реализовывать модели мехатронных и робототехнических устройств и систем средствами вычислительной техники;</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыками применения программно-технических средств для построения мехатронных и робототехнических систем.</p>	Вопросы для письменного опроса. Итоговое тестирование	Вопросы для письменного опроса. Итоговое тестирование
	ИОПК-6.2. Решает задачи оптимального управления технологическими процессами с применением информационно-коммуникационных технологий, достижений отечественной и зарубежной науки в области мехатроники и робототехники	<p>Знать:</p> <p>- стандартные программные средства для описания мехатронных и робототехнических систем;</p> <p>Уметь:</p> <p>- реализовывать модели мехатронных и робототехнических устройств и систем средствами вычислительной техники;</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыками применения программно-технических средств для построения мехатронных и робототехнических систем.</p>		

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. 72 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 3

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		№ 3 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	72	72
1. Контактная работа:	38	38
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	34	34
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. Занятия и др)	-	-
лабораторные работы (ЛР)	17	17
1.2.Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
2. Самостоятельная работа (СРС)	34	34
реферат/эссе (подготовка)	-	-
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-
контрольная работа	-	-
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	34	34
Подготовка к зачету (контроль)	Зачет	Зачет

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
1 семестр									
ИОПК-1.1	Раздел 1. Основные понятия и принципы САУ								
	Тема 1.1. Подходы к исследованию стохастических САУ	2			4	Подготовка к лекциям	Контрольные вопросы		
	Итого по 1 разделу	2	-	-	4				
ИОПК-1.2. ИОПК-4.1.	Раздел 2. Вероятностные характеристики случайных величин.								
	Тема 2.1. Вероятностные характеристики дискретных случайных величин.	2			4	Подготовка к лекциям	Контрольные вопросы		
	Тема 2.2. Вероятностные характеристики непрерывных случайных величин	2			4	Подготовка к лекциям	Контрольные вопросы		
	Лабораторная работа №1. Основы MATLAB		3			Подготовка к лабораторным работам	Индивидуальные задания		
	Лабораторная работа №2. Исследование разомкнутой линейной системы		3			Подготовка к лабораторным работам	Индивидуальные задания		
	Итого по 2 разделу	4	6	-	10				
ИОПК-4.1, 4.2	Раздел 3. Случайные процессы и их основные статистические характеристики								
	Тема 3.1. Понятие случайного процесса. Реализации и сечения случайного процесса	2			4	Подготовка к лекциям	Контрольные вопросы		
	Лабораторная работа №3.		3			Подготовка к	Индивидуальные		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Формирование случайного сигнала с заданной спектральной плотностью					лабораторным работам	задания		
	Тема 3.2. Корреляционные функции случайных процессов	2			6	Подготовка к лекциям	Контрольные вопросы		
	Тема 3.3. Основные свойства корреляционных функций случайных процессов	2				Подготовка к лекциям	Контрольные вопросы		
	Лабораторная работа №4. Анализ линейной системы при воздействии случайного возмущения и детерминированного полезного сигнала		4			Подготовка к лабораторным работам	Индивидуальные задания		
	Итого по 3 разделу	6	7	-	10				
	Раздел 4. Спектральные плотности случайных процессов.								
ИОПК-6.1, 6.2	Тема 4.1. Понятие спектральной плотности случайного процесса.	2			4	Подготовка к лекциям	Контрольные вопросы		
	Тема 4.2. Связь между корреляционными функциями и спектральными плотностями случайных процессов на входе и выходе линейной САУ	3			6	Подготовка к лекциям	Контрольные вопросы		
	Лабораторная работа №5. Анализ линейной системы при воздействии случайного полезного сигнала и случайного шума.		4						
	Итого по 4 разделу	5	4	-	10				
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17	17	-	34				
	ИТОГО по дисциплине	17	17	-	34				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет/зачет с оценкой/экзамен):

1. Фильтр Винера. Необходимые и достаточные условия оптимальности
2. Фильтр Винера для одномерных и многомерных стационарных систем
3. Фильтр Винера для дискретных систем
4. Фильтр Калмана – Бьюси для непрерывных систем
5. Обобщенный фильтр Калмана
6. Адаптивный фильтр Мехра
7. Обновляющий процесс фильтрации при создании адаптивных фильтров
8. Рекуррентный алгоритм оценки параметров методом наименьших квадратов
9. Байесовские методы оценивания параметров
10. Минимаксные методы оценивания параметров
11. Метод условного математического ожидания
12. Метод статистической линеаризации
13. Критерии статистической эквивалентности нелинейностей
14. Метод стохастической аппроксимации
15. Прохождение стационарного случайного сигнала через линейную динамическую систему
16. Спектральная плотность и анализ динамической точности линейной стохастических систем
17. Среднеквадратическая ошибка как критерий качества системы
18. Ошибки квантования по уровню в цифровых системах
19. Оптимальная фильтрация коррелированных шумов
20. Метод наименьших квадратов
21. Метод максимального правдоподобия
22. Метод максимальной апостериорной вероятности
23. Этапы проектирования САУ
24. Методика составления математического описания САУ
25. Вычисление матрицы перехода (Кэли-Гамильтона, Сильвестра)
26. Частотные характеристики САУ
27. Характеристики типовых звеньев САУ
28. Классификация дискретных систем управления
29. Построение дискретных моделей непрерывных систем
30. Дискретное преобразование Лапласа
31. Z - преобразование систем
32. Стабилизация регулятором переменной структуры: скалярные и векторные скользящие режимы
33. Гладкие нелинейные динамические системы на плоскости: анализ управляемости, наблюдаемости, стабилизируемости и синтез обратной связи.
34. Основные виды нелинейностей в системах управления. Методы исследования поведения нелинейных систем.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5 При текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
85-100	Отлично	зачет
70-84	Хорошо	
60-69	Удовлетворительно	
0-59	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», либо «зачет», «незачет».

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Использует основные физические явления и законы, общинженерные знания.	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены знания лекционного курса, непонимание их использования в рамках поставленных целей и задач; неумение использовать основные физические явления и законы, общинженерные знания что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; затруднения при использовании основных физических явлений и законов, общинженерных знаний	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей. Умеет использовать основные физические явления и законы, общинженерные знания.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины. Грамотно использует основные физические явления и законы, общинженерные знания.
	ИОПК-1.2 Применяет физико-математические методы, методы математического анализа и моделирования для решения задач в области мехатроники и робототехники, используя программные системы, предназначенные для математического и имитационного моделирования	Изложение учебного материала бессистемное, не может применить знания лекционного курса, что препятствует усвоению последующей информации; Демонстрирует частичные и слабые умения в применении физико-математических методов, методов математического анализа и моделирования для решения задач в области мехатроники и робототехники.	Фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов. Посредственно применяет физико-математические методы, методы математического анализа и моделирования для решения задач в области мехатроники и робототехники	Владеет знаниями и навыками при применении физико-математических методов, методов математического анализа и моделирования для решения задач в области мехатроники и робототехники. Комментирует выполняемые действия не всегда точно.	Имеет глубокие знания всего материала. Свободно применяет физико-математические методы, методы математического анализа и моделирования для решения задач в области мехатроники и робототехники, используя программные системы, предназначенные для математического и имитационного моделирования
ОПК-4. Способен использовать современные	ИОПК-4.1. Анализирует технологические процессы, использует современные	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены знания	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса;	Знает материал на достаточно хорошем уровне; анализирует	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины. Уверенно

информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов	информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов, выбирает функциональные схемы их автоматизации	лекционного курса, непонимание их использования в рамках поставленных целей и задач; неумение делать обобщения, выводы, что препятствует усвоению последующего материала	изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; затруднения при анализе технологических процессов.	технологические процессы, использует современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов, выбирает функциональные схемы их автоматизации.	анализирует технологические процессы, использует современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов, выбирает функциональные схемы их автоматизации.
	ИОПК-4.2. Применяет навыки программно-технических средств для построения мехатронных и робототехнических систем, использует программную систему для математического и имитационного моделирования	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены навыки программно-технических средств для построения мехатронных и робототехнических систем, использует программную систему для математического и имитационного моделирования, что препятствует усвоению последующего материала.	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса, допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя; затруднения при применении навыков программно-технических средств для построения мехатронных и робототехнических систем	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Применяет навыки программно-технических средств для построения мехатронных и робототехнических систем, использует программную систему для математического и имитационного моделирования.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины. Грамотно применяет навыки программно-технических средств для построения мехатронных и робототехнических систем, уверенно использует программную систему для математического и имитационного моделирования.
ОПК-6. Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ИОПК-6.1. Выбирает оборудование для реализации технологических процессов в области мехатроники и робототехники, используя аналоги и прототипы конструкций при их проектировании. Проектирует типовые технологические процессы изготовления продукции.	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены знания лекционного курса, неумение выбора оборудования для реализации технологических процессов в области мехатроники и робототехники что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; допускаются отдельные существенные ошибки при выборе оборудования для реализации технологических процессов в области мехатроники и робототехники. Затруднения при проектировании типовых технологических процессов изготовления продукции.	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Выбирает оборудование для реализации технологических процессов в области мехатроники и робототехники, используя аналоги и прототипы конструкций при их проектировании.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины. Грамотно выбирает оборудование для реализации технологических процессов в области мехатроники и робототехники, используя аналоги и прототипы конструкций при их проектировании. Уверенно проектирует типовые технологические процессы изготовления продукции.

	ИОПК-6.2. Решает задачи оптимального управления технологическими процессами с применением информационно-коммуникационных технологий, достижений отечественной и зарубежной науки в области мехатроники и робототехники	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены знания лекционного курса, непонимание их использования в рамках поставленных целей и задач; неумение решать задачи оптимального управления технологическими процессами, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки при решении задач оптимального управления технологическими процессами с применением информационно-коммуникационных технологий.	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Решает задачи оптимального управления технологическими процессами с применением информационно-коммуникационных технологий.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины. Уверенно решает задачи оптимального управления технологическими процессами с применением информационно-коммуникационных технологий, достижений отечественной и зарубежной науки в области мехатроники и робототехники.
--	--	--	---	---	--

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

- 6.1. 1. Юревич Е.И. Теория автоматического управления: Учебник / Е. И. Юревич. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 540 с.
- 6.1. 2. Душин С.Е. Теория автоматического управления: Учебник / С. Е. Душин [и др.] ; Под ред. В.Б. Яковлева. - 3-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2009. - 568 с
- 6.1. 3. И.А. Борисов, А.А. Иванов. Основы теории автоматического управления, часть 1: Учебное пособие. – Нижний Новгород: НГТУ, 2008
- 6.1. 4. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы : Учеб.пособие / И. В. Мирошник. - СПб. : Питер, 2005. - 336 с.
- 6.1. 5. Деменков Н.П. Статистическая динамика систем управления: учебное пособие / Н. П. Деменков. – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 146 с.
- 6.1.6 Деменков Н.П. Управление в технических системах: учебник / Н.П. Деменков, Е.А. Микрин. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 452с.

6.2. Справочно-библиографическая литература.

- 6.2.1 Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. пер. с англ. Б. И. Копылова. – М: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
- 6.2.2 Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс. – СПб.: Питер; Киев; Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.
- 6.2.3 Дьяконов В.П. MatLab. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.
- 6.2.4 С. В. Соколов Методы идентификации нечетких и стохастических систем / С. В. Соколов, С. М. Ковалев, П. А. Кучеренко, Ю. А. Смирнов. - Москва : Физматлит, 2018. - 427 с.
- 6.2.5 Гости Нормы, правила, стандарты и законодательство России
<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/norma.htm>

6.3 Перечень журналов по профилю дисциплины:

1. Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление» (<https://mech.novtex.ru/jour>).
2. Журнал «Мир компьютерной автоматизации» (<http://www.mka.ru/>).
3. Журнал «Приборостроение и средства автоматизации», информационно-справочное пособие (<http://psa.tgizd.ru/>)

4. Журнал «Информатизация и системы управления в промышленности» (<https://isup.ru/>)
5. Журнал «Современные технологии автоматизации» (<http://www.cta.ru>)

6.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?20.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа:

<http://elibrary.ru/defaultx.asp>

1. Научно-техническая библиотека НГТУ: <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl.html>.
2. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](#) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл. с экрана.
5. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
6. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.
7. Российский образовательный портал. <http://www.school.edu.ru/default.asp>

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	2	3
1	Консультант студента. Электронная библиотека технического вуза	http://www.studentlibrary.ru/
2	Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
3	Образовательная платформа Юрайт	https://urait.ru/

В таблице 8 указан перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Таблица 8 - Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts
2	Электронная база избранных статей по философии	http://www.philosophy.ru/
3	Единый архив экономических и социологических данных	http://sophist.hse.ru/data_access.shtml
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техксперт»	доступ из локальной сети

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	2	3
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

В таблице 11 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную, информационно-образовательную среду НГТУ.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1	2	3
1	4115 учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, ул. Минина 28В	"1. Доска меловая; 2. Мультимедийный проектор Benq MX 505; 3. Компьютер PC (Intel Core CPU 6600, Radeon X300, ОЗУ 2 Gb, HDD 80 Gb) без подключения к интернету; 4. Стенд учебный пневматический ""Camozzi""; 5. Комплект учебно-лабораторного оборудования ""ПДМВ""; 6. Промышленный робот РМ-01; 7. Промышленный робот ""Электроника НЦТМ-01; 8. Промышленный робот МП-9С; 9. Вибробункер ""	1. Операционная система Windows XP(x32), лицензия по подписке MSDN (договор DreamSpark №Tr113003 от 25.09.14). 2. Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0) 3. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23).
	4116 компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), г. Нижний Новгород, ул. Минина 28В	1. Доска маркерная; 2. Шесть персональных компьютеров (AMD Ryzen 3700, NVIDIA 1050Ti 4Gb, HDD 1 Tb, SSD 128 Gb) в составе локальной вычислительной сети с подключением к интернету	1. Операционная система Windows XP(x32), лицензия по подписке MSDN (договор DreamSpark №Tr113003 от 25.09.14). 2. Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0) 3. GPSS World Student Version 4.3.5; 4. Python Version 3.8; 5. Matlab

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий (выбирается из приложения к РПД):

-балльно-рейтинговая технология оценивания

При преподавании дисциплины «Статистическая динамика автоматических систем», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса и что дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Материалы лекций, в виде слайдов находятся в свободном доступе и могут быть получены до чтения лекций и проработаны студентами в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала.

Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая

- *отчет по лабораторным работам;*
- *Зачет.*

Контрольные вопросы

1. Фильтр Винера. Необходимые и достаточные условия оптимальности
2. Фильтр Винера для одномерных и многомерных стационарных систем
3. Фильтр Винера для дискретных систем
4. Фильтр Калмана – Бьюси для непрерывных систем

5. Обобщенный фильтр Калмана
6. Адаптивный фильтр Мехра
7. Обновляющий процесс фильтрации при создании адаптивных фильтров
8. Рекуррентный алгоритм оценки параметров методом наименьших квадратов
9. Байесовские методы оценивания параметров
10. Минимаксные методы оценивания параметров
11. Метод условного математического ожидания
12. Метод статистической линеаризации
13. Критерии статистической эквивалентности нелинейностей
14. Метод стохастической аппроксимации
15. Прохождение стационарного случайного сигнала через линейную динамическую систему
16. Спектральная плотность и анализ динамической точности линейной стохастических систем
17. Среднеквадратическая ошибка как критерий качества системы
18. Ошибки квантования по уровню в цифровых системах
19. Оптимальная фильтрация коррелированных шумов
20. Метод наименьших квадратов
21. Метод максимального правдоподобия
22. Метод максимальной апостериорной вероятности
23. Этапы проектирования САУ
24. Методика составления математического описания САУ
25. Вычисление матрицы перехода (Кэли-Гамильтона, Сильвестра)
26. Частотные характеристики САУ
27. Характеристики типовых звеньев САУ
28. Классификация дискретных систем управления
29. Построение дискретных моделей непрерывных систем
30. Дискретное преобразование Лапласа
31. Z - преобразование систем
32. Стабилизация регулятором переменной структуры: скалярные и векторные скользящие режимы
33. Гладкие нелинейные динамические системы на плоскости: анализ управляемости, наблюдаемости, стабилизируемости и синтез обратной связи.
34. Основные виды нелинейностей в системах управления. Методы исследования поведения нелинейных систем.
35. Синтез дискретного регулятора по состоянию и по выходу, при наличии возмущений.

11.2. Типовые задания для лабораторных работ

Лабораторная работа № 1.

Основы MATLAB

Лабораторная работа № 2.

Исследование разомкнутой линейной системы

Лабораторная работа № 3.

Формирование случайного сигнала с заданной спектральной плотностью

Лабораторная работа № 4.

Анализ линейной системы при воздействии случайного возмущения и детерминированного полезного сигнала

Лабораторная работа № 5.

Анализ линейной системы при воздействии случайного полезного сигнала и случайного шума

Пример задания

1. В соответствии с номером варианта рассчитайте ФНЧ с аппроксимацией Баттерворта

Варианты для задания

Номер варианта	1	2	3	4	5	6
Порядок фильтра	7	6	5	8	9	5
Частота дискретизации, Гц	200	2000	16000	8000	10000	20
Частота среза, Гц	60	400	5000	1900	2000	5

Постройте АЧХ и ФЧХ, диаграмму расположения нулей и полюсов передаточной функции, значимую часть импульсной характеристики.

2. Требуется цифровой ФВЧ со следующими параметрами (частоты определены в долях от частоты Найквиста)

Номер варианта	1	2	3	4	5	6
Граничная частота подавления	0,64	0,28	0,4	0,1	0,86	0,72
Граничная частота пропускания	0,7	0,32	0,6	0,15	0,9	0,73
Допустимая неравномерность в полосе пропускания, дБ	0,05	0,1	$1 \cdot 10^{-5}$	0,15	0,11	1
Минимальное затухание в полосе подавления, дБ	40	30	100	85	57	30

Какой порядок будет иметь такой фильтр с аппроксимациями Баттерворта, Чебышева типа I, Чебышева типа II, эллиптической? Сравните эффективность различных аппроксимаций при более жестких и более мягких требованиях к АЧХ.

В отчете вывод формул фильтров Баттерворта, Чебышева, код программы на языке Python или Matlab с графиками АЧХ и ФЧХ. Выводы по проведенной работе.

Пример выполнения задания

Задание №1. Рассчитать ФНЧ с аппроксимацией Баттерворта по заданным параметрам. Построить АЧХ и ФЧХ, диаграмму расположения нулей и полюсов передаточной функции, значимую часть импульсной характеристики.

Исходные данные:

Порядок фильтра – 7

Частота дискретизации – 200 Гц

Частота среза – 60 Гц

Моделирование фильтров будем производить в среде MatLab при помощи встроенного приложения Filter Designer.

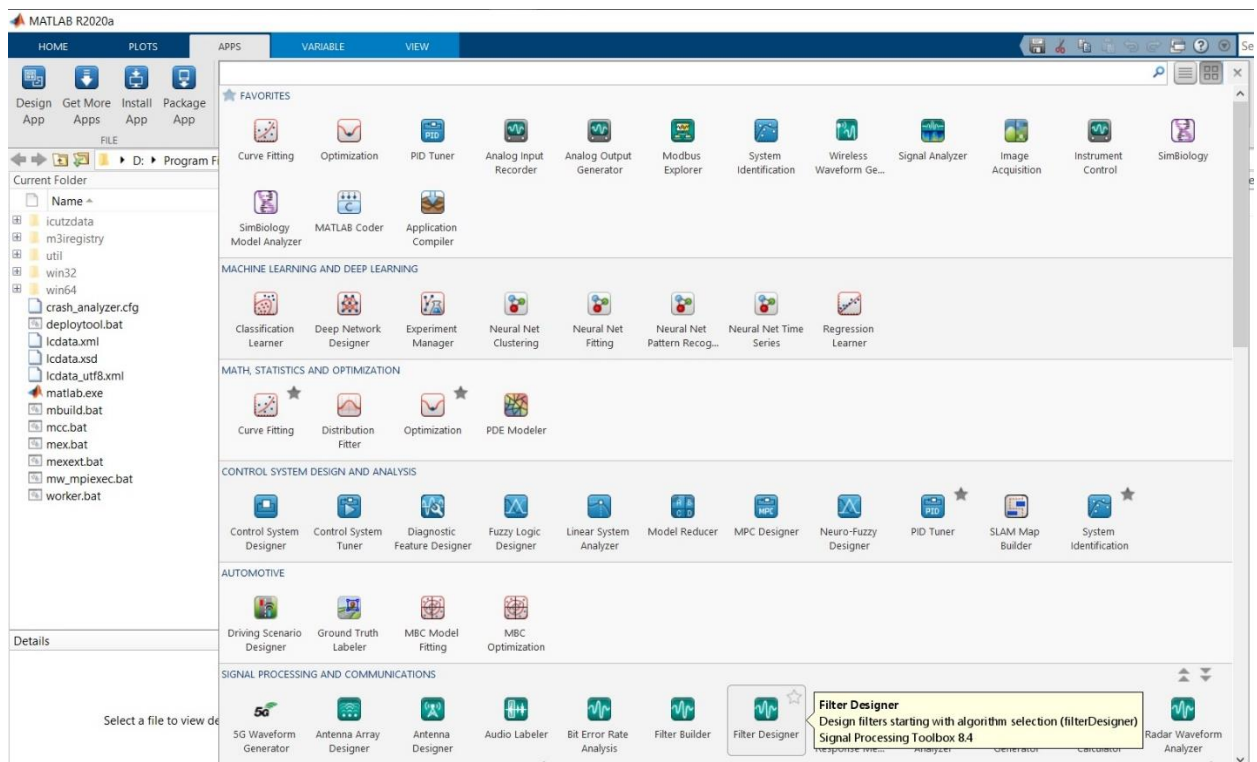


Рис.1 – Выбор приложения в MatLab

Затем в окне приложения задаём параметры нашего фильтра:

- Задаём тип фильтра (Response Type) - выбираем Lowpass (нижнепропускающий - ФНЧ)
- Выбираем метод – IIR Butterworth – БИХ фильтр Баттерворта
- Задаём порядок фильтра – вписываем 7 в «Specify order»
- Записываем частотные параметры фильтра вписывая частоту дискретизации в графу Fs и частоту среза в графу Fc.
- Создаем данный фильтр нажав кнопку «Design Filter».

Response Type <input checked="" type="radio"/> Lowpass <input type="radio"/> Highpass <input type="radio"/> Bandpass <input type="radio"/> Bandstop <input type="radio"/> Differentiator		Filter Order <input checked="" type="radio"/> Specify order: 7 <input type="radio"/> Minimum order	Frequency Specifications Units: Hz Fs: 200 Fc: 60
Design Method <input checked="" type="radio"/> IIR: Butterworth <input type="radio"/> FIR: Equiripple		Options There are no optional parameters for this design method.	

Design Filter

Рис. 2 – Окно параметров создаваемого фильтра.

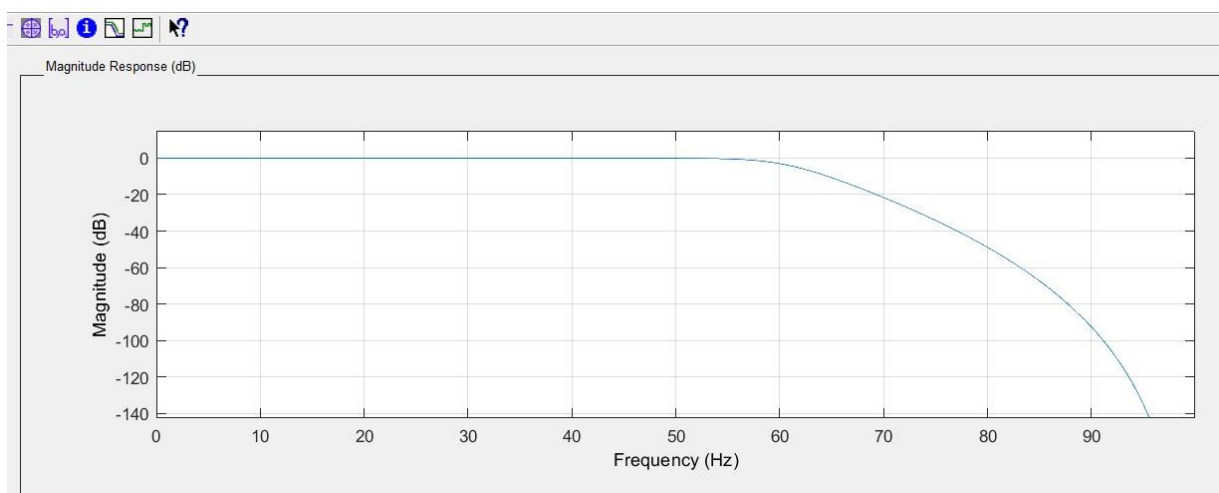


Рис.3 – АЧХ фильтра

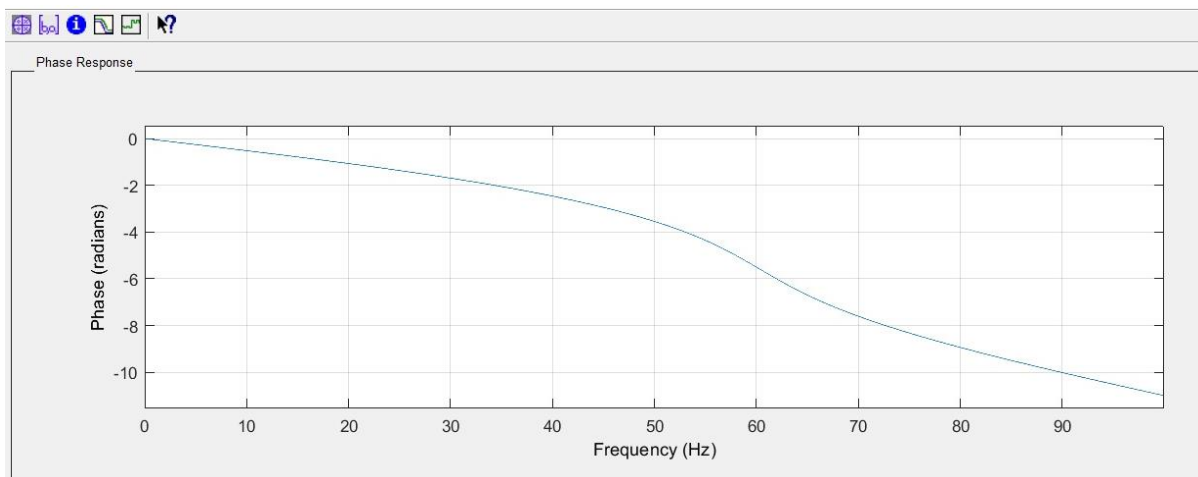


Рис. 4 – ФЧХ фильтра

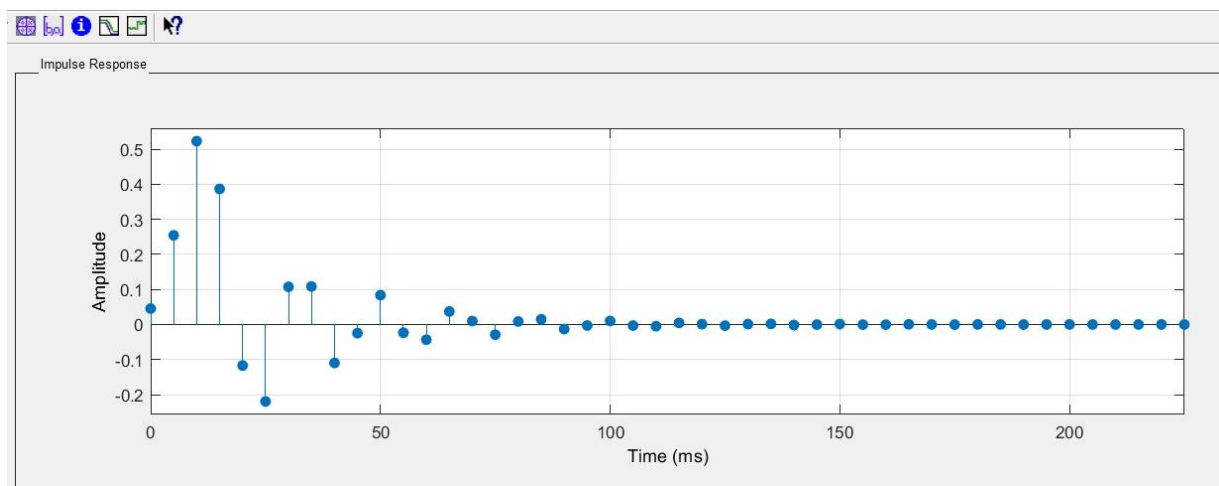


Рис.5 – Значимая часть импульсной характеристики

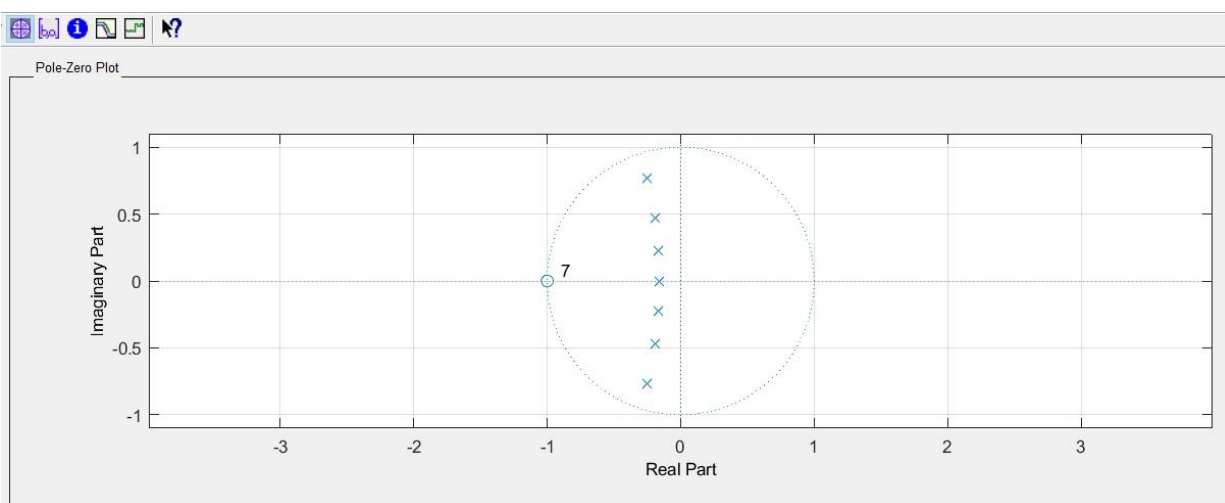


Рис. 6 – Диаграмма расположения нулей и полюсов передаточной функции