

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Теория управления

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Код дисциплины Б1.В.03.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.03 «Теория управления» относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-4. Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук	ПК-4.1. Знает фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем	Умеет применять базовые знания естественных наук, математики и информатики Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике.	Собеседование Задача
	ПК-4.2. Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы	Умеет решать математические задачи и проблемы из области методов теории управления, аналогичные ранее изученным: Знает основные принципы, факты, понятия, аналитические и численные методы, изучаемые в дисциплине: Владеет: <ul style="list-style-type: none"> ▪ терминологией предметной области; ▪ принципами построения и выбора эффективных методов построения систем управления; ▪ приемами аналитического решения задач из различных разделов методов теории управления и интерпретации результатов ▪ навыками интерпретации результатов численного исследования задач управления. 	Собеседование Контрольная работа
	ПК-4.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой	Владеет: <ul style="list-style-type: none"> ▪ навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований ▪ навыками проверки адекватности решения поставленной задачи. 	Задача

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	13 ЗЕТ
Часов по учебному плану	468
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	221
- занятия лекционного типа	92
- занятия семинарского типа	92
- занятия лабораторного типа	32
- текущий контроль (КСР)	5
самостоятельная работа	175
Промежуточная аттестация – экзамен, зачет	72

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
6-й семестр:						
Раздел 1. Введение.	17	6	6	2	14	3
Раздел 2. Операционное исчисление.	18	4	6	4	14	4
Раздел 3. Функциональная модель линейной динамической системы «вход-выход».	14	4	4	2	10	4
Раздел 4. Типовые линейные динамические звенья.	20	8	4	4	16	4
Раздел 5. Системы с дискретным временем.	10	2	4		6	4
Раздел 6. Алгебраические критерии устойчивости.	16	4	4	4	12	4
Раздел 7. Частотные критерии устойчивости.	12	4	4		8	4
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация - зачет	0					
Итого	108	32	32	16	81	27
7-й семестр:						
Раздел 8. Метод D -разбиения.	46	8	8	8	24	22
Раздел 9. Управляемость. Разложение Калмана.	32	6	4		10	22
Раздел 10. Модальное управление.	44	8	6	8	22	22
Раздел 11. Оптимальное линейно-квадратичное управ-	30	6	8		14	16

ление.						
Раздел 12. Наблюдаемость. Принцип двойственности.	26	4	6		10	16
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация - экзамен	36					
Итого	216	32	32	16	82	98
8-й семестр:						
Раздел 13. Наблюдатели. Синтез управления по выходу.	16	4	4		8	8
Раздел 14. Линейная оптимальная фильтрация	36	10	10		20	16
Раздел 15. Методы обеспечения обобщенной устойчивости с использованием аппарата линейных матричных неравенств	36	10	10		20	16
Раздел 16. Робастное и адаптивное управление	18	4	4		8	10
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация - экзамен	36					
Итого	144	28	28		58	50
Итого	468	92	92	32	221	175

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: *выполнение в рамках лабораторного практикума по дисциплине специальных проектных заданий, направленных на практическое освоение методов математического и компьютерного исследования, необходимых при анализе предложенных задач из предметной области изучаемой дисциплины.* Примеры тем проектных заданий, предлагаемых в рамках часов практической подготовки:

1. Построение математической модели объекта и синтез регуляторов в задаче управления курсом моторного катера, изучение свойств нескольких типов регуляторов курса (линейного и двухпозиционного)

2. Задача об управлении угловой ориентацией вала электромотора, синтез регулятора, проведение исследований на лабораторной физической установке DC–мотор;

3. Управление угловой скоростью вала электромотора, синтез регулятора угловой скорости, проведение исследований на лабораторной физической установке DC–мотор;

4. Синтез регуляторов по дискретизированной плоской модели двухколесного робота типа segway. Исследование динамики непрерывной модели робота под управлением построенного регулятора в системе Matlab®.

5. Построение стабилизирующих систем управления нескольких типов, включая LQR-регулирование, в задаче управления перевернутым стержнем. Сопоставительное исследование с использованием моделирования в системе Matlab®, а также на лабораторной физической установке.

Проектные задания выполняются группами из четырех–шести человек.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 20 часов из общего объема 124 часа практических занятий.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП, а именно, на формирование *практических навыков при выполнении фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера*;
- компетенций — ПК-4 (*способность применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук*).

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, лабораторного типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных форма (зачет, экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Теория управления» включает выполнение заданий под контролем преподавателя, решение домашних заданий, подготовку к занятиям лабораторного практикума и подготовку к экзамену.

Тематика самостоятельной работы:

1. Введение. Предмет и содержание теории управления. (Теоретическая часть: [3, 4], практическая часть: решение задач).
2. Операционное исчисление. Z -преобразования. (Теоретическая часть: [2, 6, 7], практическая часть: решение задач).
3. Функциональная модель линейной динамической системы «вход-выход». (Теоретическая часть: [2, 7], практическая часть: решение задач).
4. Типовые линейные динамические звенья. (Теоретическая часть: [2, 7], практическая часть: решение задач).
5. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. (Теоретическая часть: [2, 5, 7], практическая часть: решение задач).
6. Метод D -разбиения. (Теоретическая часть: [6], практическая часть: решение задач).
7. Управляемость. Разложение Калмана. (Теоретическая часть: [6, 7], практическая часть: решение задач).
8. Модальное управление. (Теоретическая часть: [6, 7], практическая часть: решение задач).
9. Оптимальное линейно-квадратичное управление. (Теоретическая часть: [1, 6, 7], практическая часть: решение задач).
10. Наблюдаемость. Принцип двойственности. (Теоретическая часть: [1, 6, 7], практическая часть: решение задач).
11. Наблюдатели. Синтез управления по выходу. (Теоретическая часть: [1, 6, 7], практическая часть: решение задач).
12. Линейная оптимальная фильтрация. (Теоретическая часть: [1, 6, 7], практическая часть: решение задач).
13. Методы обеспечения обобщенной устойчивости с использованием аппарата линейных матричных неравенств. (Теоретическая часть: [1, 6, 7], практическая часть: решение задач).

14. Робастное и адаптивное управление. (Теоретическая часть: [1, 6, 7], практическая часть: решение задач).

Темы лабораторных практикумов:

1. Линейный авторулевой
2. Двухпозиционный авторулевой
3. Стабилизация двухзвенного маятника в верхнем положении
4. Экстремальный регулятор.
5. Управление скоростью вращения вала электродвигателя.
6. Управление углом поворота вала электродвигателя.

Подготовка к выполнению лабораторных работ выполняется с использованием имеющихся методических описаний и приведенного списка рекомендованной литературы по дисциплине.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено			Зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания,	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объ-	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объ-

	от ответа	ошибки.	но не в полном объеме.	еме, но некоторые с недочетами.	недочетами.	недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	еме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Вопросы к зачёту по дисциплине «Теория управления»

Вопрос	Код формируемой компетенции
1. Преобразование Лапласа и Фурье. Связь между ними. Метод операционных исчислений.	ПК-4
2. Z-преобразование. Связь с преобразованием Лапласа. Метод операционных исчислений.	ПК-4

ний.	
3. Понятие о передаточной функции звена	ПК-4
4. Свойство передаточной функции.	ПК-4
5. Как из дифференциального уравнения звена получить передаточную функцию?	ПК-4
6. Как по передаточной функции звена или системы составить дифференциальное уравнение?	ПК-4
7. Какие вы знаете типовые динамические звенья? Их передаточные функции и дифференциальные уравнения?	ПК-4
8. Виды частотных характеристик и их определение по передаточной функции.	ПК-4
9. Понятие о частотных характеристиках звеньев (АЧХ и ФЧХ).	ПК-4
10. Понятие об амплитудно-фазовых характеристиках звеньев и систем автоматического регулирования.	ПК-4
11. По заданной передаточной функции качественно изобразить заданную функцию ($h(t)$, $w(t)$, $W(\omega)$, $\varphi(\omega)$, $W(j\omega)$).	ПК-4
12. Необходимый признак устойчивости системы. Необходимый и достаточный признак устойчивости.	ПК-4
13. Критерий Гурвица.	ПК-4
14. Определение критического значения параметра по критерию Гурвица.	ПК-4
15. Критерий Михайлова. Определение количества правых корней в характеристическом уравнении САУ в случае неустойчивости.	ПК-4
16. Где начинается годограф Михайлова, если характеристическое уравнение имеет: а) нулевые корни; б) четное число правых корней, либо правые корни отсутствуют; в) нечетное число правых корней?	ПК-4
17. Критерий устойчивости Найквиста.	ПК-4
18. Статическая ошибка. Когда она появляется и как вычисляется?	ПК-4
19. Статическая точность в режиме управления и стабилизации. Способы ее повышения.	ПК-4
20. Статические и астатические звенья и системы.	ПК-4
21. Аналоговые (непрерывные) и дискретные сигналы.	ПК-4
22. Последовательное и параллельное соединение звеньев системы автоматического регулирования	ПК-4
23. Перенос узлов в структурной схеме системы автоматического регулирования по отношению к звеньям.	ПК-4
24. Перенос узлов по отношению к сумматорам.	ПК-4
25. Простейшая система автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока.	ПК-4
26. Качество регулирования и его показатели.	ПК-4
27. Динамические характеристики безынерционного звена.	ПК-4
28. Динамические характеристики звена запаздывания.	ПК-4
29. Динамические характеристики интегрирующего звена.	ПК-4
30. Динамические характеристики дифференцирующего звена.	ПК-4
31. Динамические характеристики колебательного звена.	ПК-4
32. Типы автоматических регуляторов: П-регулятор, И-регулятор, структурная схема, дифференциальное уравнение, переходная характеристика. Достоинства и недостатки.	ПК-4

33. ПИ-регулятор, структурная схема, дифференциальное уравнение, переходная характеристика. Достоинства и недостатки.	ПК-4
34. ПИД-регулятор, структурная схема, дифференциальное уравнение, переходная характеристика. Достоинства и недостатки.	ПК-4
35. Понятие D -разбиение и его связь с понятием устойчивости	ПК-4
36. D -разбиение по одному комплексному параметру.	ПК-4
37. D -разбиение по двум параметрам.	ПК-4
38. Критерий Х-преобразования.	ПК-4
39. Критерий Шура-Кона.	ПК-4

5.2.2 Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория управления»

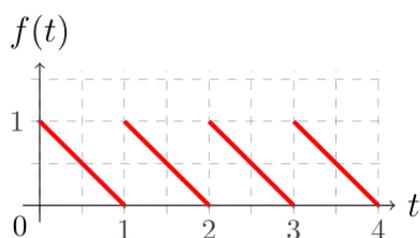
Вопросы	Код формируемой компетенции
Математическая модель динамической системы, основанная на понятии состояния. Классификация. Геометризация.	ПК-4
Основные задачи динамических систем. Фазовый портрет физического маятника.	ПК-4
Общая постановка задачи управления динамическим объектом. Понятие программного и оперативного управления. Закон управления и стратегия управления. Примеры.	ПК-4
Преобразование Лапласа и Фурье. Связь между ними. Метод операционных исчислений.	ПК-4
Z-преобразование. Связь с преобразованием Лапласа. Метод операционных исчислений.	ПК-4
Функциональная модель динамической системы. Понятие динамического звена. Классификация. Сравнение модели основанной на понятии состояния и функциональной модели.	ПК-4
Коэффициент передачи, переходные функции и частотные характеристики непрерывного звена.	ПК-4
Коэффициент передачи, переходные последовательности и частотные характеристики дискретного звена.	ПК-4
Обобщение понятия динамического звена. Матричный коэффициент передачи. Временное и частотное описание.	ПК-4
Свойства направленности. Активные четырехполюсники. Примеры.	ПК-4
Критерий Рауса-Гурвица.	ПК-4
Критерий Михайлова.	ПК-4
Критерий Найквиста.	ПК-4
Устойчивость. D -разбиение по одному параметру.	ПК-4
Устойчивость. D -разбиение по двум параметрам.	ПК-4
Устойчивость непрерывного динамического звена. Критерий Х-преобразования.	ПК-4
Устойчивость дискретного звена. Критерий Шура-Кона.	ПК-4
Управляемость.	ПК-4

Наблюдаемость.	ПК-4
Модальной управление.	ПК-4
Линейно-квадратичный регулятор.	ПК-4
Фильтр Калмана.	ПК-4
Робастное управление.	ПК-4
Адаптивное управление.	ПК-4

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-4

Задача 1

Для заданной периодической функции $f(t)$, изображенной на рисунке, найти периодическое решение линейного дифференциального уравнения $\ddot{x} - 3\dot{x} + 2x = f(t)$.



Задача 2

Для полинома

$$ap^3 + bp^2 + (1 - b)p + (1 - a)$$

- построить D -разбиение плоскости параметров по отношению к левой полуплоскости комплексной плоскости размещения корней, включая расстановку индексации подобластей;
- проверить правильность расстановки штриховки одной из особых прямых, используя оценку реальной части производной мигрирующего корня, вычисленной по одному из параметров;
- проверить правильность полученной индексации в одной из подобластей D -разбиения методом λ -преобразований.

Задача 3

Объект управления имеет описывается системой

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 2 \\ -7 \end{bmatrix} u$$

Введите обратную связь по состоянию таким образом, чтобы замкнутая система имела характеристические числа $\lambda_{1,2} = -1 \pm i$.

5.2.3. Типовые контрольные работы для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Найти коэффициент передачи динамического звена, если его переходная функция равна

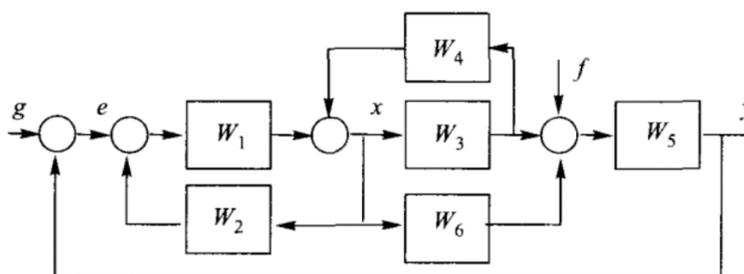
$$h(t) = 1 + 10e^{-5t} \sin\left(10t + \frac{\pi}{6}\right).$$

2. Используя критерий Рауса – Гурвица (или Ляпунова – Шипара), исследовать устойчивость системы управления, заданной уравнением (y – вход, u – выход):

$$\frac{d^4 y}{dt^4} + 5 \frac{d^3 y}{dt^3} + 6 \frac{d^2 y}{dt^2} + 12 \frac{dy}{dt} + 10y = 7u.$$

3. Для системы, изображенной на рисунке, определить следующие передаточные функции:

- а) K_{yg} – передаточную функцию относительно входа g и выхода y ;
- б) K_{ef} – передаточную функцию относительно входа f и выхода e .



4. Составить передаточную функцию и построить амплитудно-частотную, фазочастотную и амплитудно-фазовую частотные характеристики для пассивного четырехполюсника, изображенного на рис. 1. Параметры системы: $R_1 = 15$ кОм, $R_2 = 5$ кОм, $L_2 = 20$ Гн.

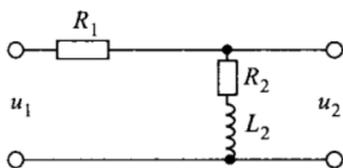


Рис. 1

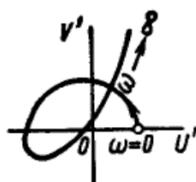


Рис. 2

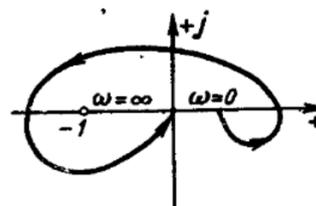


Рис. 3

5. По виду годографа Михайлова, приведенного на рис. 2, определить число корней характеристического уравнения 5-го порядка в правой и левой полуплоскостях.
6. По критерию Михайлова – Найквиста определить устойчивость замкнутой системы, если годограф системы в разомкнутом состоянии изображен на рис. 3. Известно, что число корней характеристического уравнения разомкнутой системы, расположенных в правой полуплоскости комплексной плоскости равно 2.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Коновалов Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления. М.: Лань. 2016. – Электронная библиотечная система «Издательства Лань», 2016. – Раздел: Математика/

Прикладная математика

URL: https://e.lanbook.com/book/71753?category_pk=917#book_name

2. Неймарк Ю. И., Коган Н. Я., Савельев В. П. Динамические модели теории управления. М.: Наука, 1985. (144 экз.)
3. Неймарк Ю. И. Математические модели в естествознании и технике. Н. Новгород: Изд-во Изд-во Нижегород. ун-та, 2004. (132 экз.)
4. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. М.: Наука, 1978. (97 экз.)
5. Певзнер, Л.Д. Теория систем управления [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Горная книга, 2002. — 472 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3476>
6. Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 624 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/68460>
7. Городецкий С.Ю., Бирюков Р.С., Кустикова В.Д. Компьютерное управление угловым положением и скоростью вращения вала электромотора: Практикум. – Нижний Новгород: ННГУ, 2008 (фонд печатных изданий кафедры ТУиДС). В форме электронного документа – URL: <http://www.itmm.unn.ru/tuds/materialy/> – свободный доступ.

б) Дополнительная литература.

1. Неймарк Ю. И. Операционные системы исчисления и линейные динамические системы: Учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 1991. (98 экз.)
2. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.:Физматгиз, 1959. (32 экз.)
3. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. М.: Наука, 1968. (78 экз.)
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1964. (85 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Певзнер Л. Д. Теория автоматического управления. Нелинейные системы автоматического управления [Электронный ресурс] // Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. URL: <https://online.edu.ru/public/course?faces-redirect=true&cid=140097>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: лекционных аудиторий, оборудованных доской и мобильным местом лектора с возможностью компьютерных демонстраций, аудиторий для проведения практических занятий и консультаций, оборудованных доской, учебные помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Наличие рекомендованной литературы.

Компьютерный класс для выполнения компьютерных лабораторных работ на 19 рабочих мест с установленным лицензионным программным обеспечением нужной комплектации (лаборатория 218 кафедры ТУиДС, корп.2), лаборатория со специализированным оборудованием

для исследований и демонстраций по теории управления. Презентационное оборудование для проведения обсуждений и компьютерных демонстраций (лаборатории 218, и 220 кафедры ТУиДС, корп.2).

Лицензионное программное обеспечение:

- операционные системы семейства Microsoft Windows, – лицензия по подписке MicrosoftImagine;
- комплекс учебных программ «Математические модели в естествознании и технике» 218(2) – разработанных в лаборатории «Динамика и оптимизация» каф.ТУиДС ИИТММ; разработка выполнена с использованием лицензионной среды разработки AnyLogic, 218(2).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Авторы: д.ф.-м.н., зав. каф. ТУиДС Осипов Г.В.

к.ф.-м.н., ст. преп. каф. ТУиДС Бирюков Р.С.,

асс.каф. ТУиДС Кадина Е.Ю.

Рецензент: д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С.

Заведующий кафедрой ТУиДС: д.ф.-м.н. Осипов Г.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.