

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 15.03.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ 2

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Вариативная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.11.05.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	6 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	6 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	6 семестр - 99,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

(подпись)

В.Э. Цой

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

(подпись)

И.В. Меркурьев

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении основ автоматического управления техническими системами позволяющих решить проблемы устойчивости, качества переходных процессов, статической и динамической точности систем управления

Задачи дисциплины

- изучение понятий и законов автоматического управления;
- овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области управления, основными алгоритмами математического моделирования процессов управления и функционирования систем с учётом внешних возмущений;
- формирование устойчивых навыков по применению фундаментальных положений автоматического управления при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий;
- ознакомление с историей и логикой развития автоматического управления.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-11 способностью проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов		знать: - принципы математического описания САУ в пространстве состояний; - параметры и характеристики различных схем управления робототехническими и мехатронными системами. уметь: - проводить синтез алгоритмов управления и корректирующих устройств, вести разработку алгоритмов и программных средств реализации корректирующих устройств.
ПК-12 готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин		знать: - математические основы и подходы к линеаризации объектов автоматического регулирования. уметь: - проводить моделирование и анализ переходных процессов систем управления; - проводить расчёт и выбор исполнительных элементов, вести анализ устойчивости, точности и качества процессов управления, проводить регулировочные расчёты.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока дисциплин основной профессиональной образовательной программе Динамика и прочность

машин, приборов и аппаратуры (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы линейной алгебры и аналитической геометрии
- знать основы математического анализа
- знать основы теоретической механики
- знать основы электротехники и электроники
- знать основы информатики

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основы метода пространства состояний	18	6	6	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основы метода пространства состояний" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Основы метода пространства состояний". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 474-500 [2], 11-70 [3], 260-267</p>	
1.1	Основы метода пространства состояний	18		6	-	2	-	-	-	-	-	10	-		
2	Математические модели нелинейных САУ	30		6	-	4	-	-	-	-	-	20	-		<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчётное задание предполагает построение фазового портрета заданной нелинейной САУ. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></p>
2.1	Математические модели нелинейных САУ	30		6	-	4	-	-	-	-	-	20	-		

													Изучение материала по разделу "Математические модели нелинейных САУ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 501-533 [2], 75-133 [3], 267-278	
3	Анализ устойчивости нелинейных САУ	28	8	-	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Анализ устойчивости нелинейных САУ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчётное задание предполагает исследование устойчивости, синтеза и построения алгоритмов управления системой. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 533-606 [2], 134-188 [3], 279-308
3.1	Анализ устойчивости нелинейных САУ	28	8	-	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Анализ устойчивости нелинейных САУ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчётное задание предполагает исследование устойчивости, синтеза и построения алгоритмов управления системой. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 533-606 [2], 134-188 [3], 279-308
4	Основы управления нелинейными системами	32	8	-	4	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основы управления нелинейными системами" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчётное задание предполагает построение и анализ переходного процесса нелинейной САУ. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать
4.1	Основы управления нелинейными системами	32	8	-	4	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основы управления нелинейными системами" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчётное задание предполагает построение и анализ переходного процесса нелинейной САУ. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать

													ВЫВОДЫ. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 631-666 [2], 189-221 [3], 379-395
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	28	-	14	-	2	-	-	0.5	66	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	-	14		2		-	0.5		99.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основы метода пространства состояний

1.1. Основы метода пространства состояний

Основы метода пространства состояний: управляемость и наблюдаемость; модальное управление; синтез наблюдающих устройств полного и неполного порядка.

2. Математические модели нелинейных САУ

2.1. Математические модели нелинейных САУ

Метод фазового пространства. Типы состояний равновесия, особые траектории, скользящие режимы. Типы особых точек фазовых портретов нелинейных систем: правила классификации. Особая точка типа узел: устойчивый, неустойчивый, вырожденный. Особые точки типа седло и фокус. Особая точка типа фокус: устойчивый и неустойчивый. Особая точка типа центр. Особые точки фазовых портретов нелинейных систем. Определение типа изолированных особых точек. Линеаризация нелинейных систем вблизи особых точек. Общие правила построения фазовых портретов нелинейных систем. Метод припасовывания при нахождении переходного процесса в нелинейных системах. Метод точечного преобразования. Типы диаграмм точечного преобразования в явном виде. Типы диаграмм точечного преобразования в параметрической форме.

3. Анализ устойчивости нелинейных САУ

3.1. Анализ устойчивости нелинейных САУ

Метод гармонической линеаризации. Коэффициенты гармонической линеаризации. Вычисление таких коэффициентов для различного вида нелинейностей. Нахождение предельного цикла методом гармонической линеаризации. Устойчивость предельного цикла, найденного методом гармонической линеаризации. Частотный метод определения симметричных автоколебаний. Анализ устойчивости нелинейных систем управления методом Ляпунова, методом Лурье. Частотный критерий Попова.

4. Основы управления нелинейными системами

4.1. Основы управления нелинейными системами

Метод скоростного градиента. Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Релейный и пропорциональный закон регулирования. Управление первыми интегралами динамической системы. Основы управления многочастотными колебательными системами. Метод осреднения Крылова – Боголюбова. Нормализация переменных состояния. Решение порождающей системы. Замена переменных для перехода к медленно изменяющимся переменным состояниям. Элементы орбиты. Процедура усреднения уравнений колебаний маятника с двумя степенями свободы на подвижном основании. Метод осреднения скалярной функции Лагранжа. Уравнения Гамильтона. Управление движением чувствительного элемента гироскопа класса обобщённого маятника Фуко.

3.3. Темы практических занятий

1. Фазовые портреты нелинейных систем;
2. Метод гармонической линеаризации;
3. Методы управления мобильным манипуляционным роботом KUKA.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы метода пространства состояний"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Математические модели нелинейных САУ"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Анализ устойчивости нелинейных САУ"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы управления нелинейными системами"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
параметры и характеристики различных схем управления робототехническими и мехатронными системами	ПК-11(Компетенция)		+		+	Расчетно-графическая работа/КМ-1 Расчетное задание № 1: «Фазовые портреты нелинейных систем»
принципы математического описания САУ в пространстве состояний	ПК-11(Компетенция)	+		+		Расчетно-графическая работа/КМ-2 Расчетное задание № 2: «Метод гармонической линеаризации»
математические основы и подходы к линеаризации объектов автоматического регулирования	ПК-12(Компетенция)	+	+			Расчетно-графическая работа/КМ-3 Расчетное задание № 3: «Методы управления мобильным манипуляционным роботом KUKA»
Уметь:						
проводить синтез алгоритмов управления и корректирующих устройств, вести разработку алгоритмов и программных средств реализации корректирующих устройств	ПК-11(Компетенция)	+		+		Расчетно-графическая работа/КМ-3 Расчетное задание № 3: «Методы управления мобильным манипуляционным роботом KUKA»
проводить расчёт и выбор исполнительных элементов, вести анализ устойчивости, точности и качества процессов управления, проводить регулировочные расчёты	ПК-12(Компетенция)	+	+			Расчетно-графическая работа/КМ-4 Расчетное задание №4: «Построение системы управления нелинейной САУ»
проводить моделирование и анализ переходных процессов систем управления	ПК-12(Компетенция)		+	+		Расчетно-графическая работа/КМ-2 Расчетное задание № 2: «Метод гармонической линеаризации»

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-4 Расчетное задание №4: «Построение системы управления нелинейной САУ» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 Расчетное задание № 1: «Фазовые портреты нелинейных систем» (Расчетно-графическая работа)
2. КМ-2 Расчетное задание № 2: «Метод гармонической линеаризации» (Расчетно-графическая работа)
3. КМ-3 Расчетное задание № 3: «Методы управления мобильным манипуляционным роботом КУКА» (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов . – 4-е изд., перераб. и доп . – СПб. : Профессия, 2007 . – 747 с. – (Специалист) . - ISBN 5-93913-035-6 .;
2. В. В. Панкратов, О. В. Нос, Е. А. Зима- "Избранные разделы теории автоматического управления", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2011 - (222 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135671>;
3. Гайдук А. Р., Беляев В. Е., Пьявченко Т. А.- "Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB", (5-е изд., испр. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (464 с.)
<https://e.lanbook.com/book/125741>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;

5. SemiSel.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>
15. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
16. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>
17. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
18. База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC) - <http://search.ebscohost.com>
19. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing - <http://search.ebscohost.com>
20. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>
21. Журналы научного общества Optical Society of America (OSA) - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
22. Патентная база Orbit Intelligence компании Questel - <https://www.orbit.com/>
23. Журналы издательства Oxford University Press - <https://academic.oup.com/journals/>
24. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
25. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
26. Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
27. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
28. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
29. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
30. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
31. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
32. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
33. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

34. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - [Http://proinfosoft.ru](http://proinfosoft.ru);
<http://docs.cntd.ru/>

35. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

36. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>

37. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» -
<https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-402, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-402, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-402, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Б-110/1, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-06а, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория автоматического управления 2

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1 Расчетное задание № 1: «Фазовые портреты нелинейных систем» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-2 КМ-2 Расчетное задание № 2: «Метод гармонической линеаризации» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-3 КМ-3 Расчетное задание № 3: «Методы управления мобильным манипуляционным роботом КУКА» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 КМ-4 Расчетное задание №4: «Построение системы управления нелинейной САУ» (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	6	10	14	16
1	Основы метода пространства состояний					
1.1	Основы метода пространства состояний			+	+	+
2	Математические модели нелинейных САУ					
2.1	Математические модели нелинейных САУ		+	+	+	+
3	Анализ устойчивости нелинейных САУ					
3.1	Анализ устойчивости нелинейных САУ			+	+	
4	Основы управления нелинейными системами					
4.1	Основы управления нелинейными системами		+			
Вес КМ, %:			25	25	25	25