

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра радиофизики**



**Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ АВТОРЕГУЛИРОВАНИЯ**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	72	32	2		36				2	
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.

С.В. Цыбуля

Новосибирск 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	5
5. Перечень учебной литературы.	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	9

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Курс «Теория автоматического регулирования» имеет своей целью обучение основным методам и способам проектирования автоматических и автоматизированных систем ознакомление с методами исследования устойчивости систем с обратной связью, методами построения кривых переходных процессов, методами оценки качества регулирования, получение практических навыков в исследовании простейших линейных и нелинейных систем автоматического регулирования.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:

- Изучение основных понятий, используемых при анализе систем автоматического регулирования (функция веса, передаточная функция, логарифмическая частотная характеристика).
- Изучение различных критериев устойчивости линейных и нелинейных систем автоматического регулирования.
- Обучение методам оценки качества регулирования.
- Освоение базовых математических методов, используемым при решении задач теории автоматического регулирования (решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений, использование преобразования Лапласа).

В настоящее время теория автоматического управления является одной из важнейших технических наук общего применения, результаты которой имеют принципиальное и прикладное значение. Она дает основную теоретическую базу для исследования и проектирования любых автоматических и автоматизированных систем во всех областях физики и техники. При этом рассматриваемый дисциплиной «Теория авторегулирования» круг вопросов может служить основой для последующего изучения монографий и статей по специальным проблемам теории автоматического управления и регулирования – вопросам управления системами с распределенными параметрами, теории преследования, оптимальной стабилизации, теории адаптации и т.д.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p>	<p>Знать основные методы анализа систем автоматического регулирования; критерии устойчивости линейных и нелинейных систем автоматического регулирования (САР), методы преобразования структурных схем, методы оценки качества САР и улучшения их работы.</p> <p>Уметь строить кривые переходных процессов, использовать критерии устойчивости, применять корректирующие звенья для достижения устойчивости САР, оценивать качество регулирования; проводить научные исследования устойчивости и качества работы автоматических систем, выбирать адекватные методы их оптимизации; использовать основные методы теории авто-</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		<p>матического регулирования и управления автоматических систем для анализа и коррекции существующих и создания новых автоматических систем управления физическими установками.</p> <p>Владеть основной терминологией и понятийным аппаратом теории автоматического регулирования для дальнейшей самостоятельной работы с учебной и профессиональной литературой при решении конкретных физических задач; навыками решения практических задач, возникающих при создании систем автоматического управления физическими экспериментальными установками (обеспечения их устойчивости и качества работы, а при необходимости – коррекции их структуры)</p>

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	72	32	2		36				2	
<p>Всего 72 часа / 2 зачетные единицы, из них: - контактная работа 36 часов Компетенции ПК-1</p>										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных

элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателем с помощью заданий, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контрольные работы по основным темам, обсуждение их решений, выборочный опрос.

Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа:

- лекции – 32 часа;
- практические занятия – 2 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 36 часов.
- дифференцированный зачет – 2 часа

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, зачет) составляет 36 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Теория авторегулирования» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-м курсе физического факультета НГУ в 5 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	8	
1	Общие сведения об автоматических системах.	1, 2	8	4		4	
2	Динамические звенья линейных систем. Структурные схемы.	3, 4	12	4		8	
3	Критерии устойчивости линейных систем.	5–9	18	10		8	
4	Виды регулирования. Качество регулирования.	10–13	16	8		8	
5	Нелинейные системы автоматического регулирования.	14–16	16	6	2	8	
7	Дифференцированный зачет	17	2				2
Всего			72	32	2	36	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. Общие сведения об автоматических системах (4 часа)

Введение. О технике и следствиях её развития. Общие сведения об автоматических системах. Классификация систем по характеру внутренних динамических процессов. Программы регулирования.

Одномерная управляемая система с одной степенью свободы. Функция веса и передаточная функция. Частотная характеристика. Замкнутая управляемая система. Разомкнутая управляемая система. Воспроизведение преобразованного сигнала.

Построение кривой переходного процесса. Непосредственное решение дифференциальных уравнений. Применение преобразования Лапласа. Реакция системы на произвольную функцию времени.

Раздел 2. Динамические звенья линейных систем. Структурные схемы (4 часа)

Динамические звенья. Амплитудно-фазовая частотная характеристика. АФХ и функция веса. Минимально-фазовые звенья. Логарифмическая частотная характеристика. Позиционные динамические звенья. Неустойчивые и неминимально-фазовые звенья.

Передаточные функции систем автоматического регулирования. Соединения стационарных линейных систем. Многоконтурная система обратной связи. Преобразование структурных схем.

Раздел 3. Критерии устойчивости линейных систем. (10 часа)

Критерии устойчивости линейной системы. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова. Построение области устойчивости. D-разбиение.

Критерий устойчивости Найквиста. Статическая система и система с астатизмом первого и второго порядка. Критерий устойчивости Найквиста в общем случае. Определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам. Критерий Найквиста для двухмерной системы с асимметричными связями.

Раздел 4. Виды регулирования. Качество регулирования (8 часа)

Регулирование: пропорциональное, интегральное, изодромное, по производным.

Оценка качества регулирования. Коэффициенты ошибок. Корневые методы оценки ошибок. Диаграмма Вышнеградского. Частотные критерии качества. Повышение точности систем автоматического регулирования. Комбинированное управление.

Раздел 5. Нелинейные системы автоматического регулирования. (6 часа)

Нелинейные системы автоматического регулирования. Особые точки и фазовые портреты нелинейных систем.

Переходные процессы и автоколебания релейной системы. Система со скользящим процессом. Система с логическим управлением. Учёт времени запаздывания. Системы с переменной структурой.

Метод припасовывания. Метод гармонической линеаризации. Алгебраический метод определения симметричных колебаний и устойчивости. Приближённый метод исследования устойчивости.

Частотный критерий устойчивости В.М. Попова.

Программа практических занятий (2 часа)

Занятие 1. Преобразование структурных схем. (2 часа)

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	12
Выполнение контрольных домашних работ	24

Темы для самостоятельного изучения:

1. История возникновения и развития автоматических систем.
2. Динамические звенья, их типы.

3. Особые точки и фазовые портреты линейных и нелинейных систем.

Пример контрольной работы

Задача 1.

Для системы на рис.1 определить W_{yg} - передаточную функцию относительно входа g и выхода y .

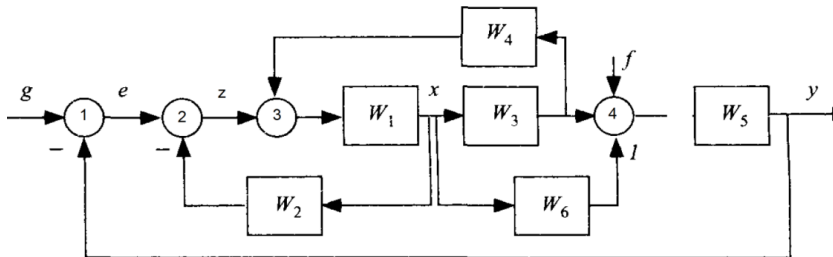


Рис. 1

Задача 2.

Для системы на рис.2 определить W_{xg} - передаточную функцию относительно входа g и выхода x .

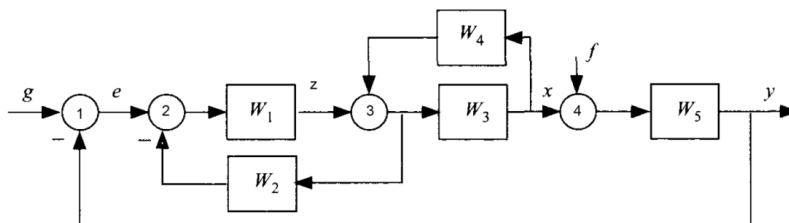


Рис. 2.

Задача 3.

Для системы на рис. 3 определить W_{eg} - передаточную функцию относительно входа g и выхода e .

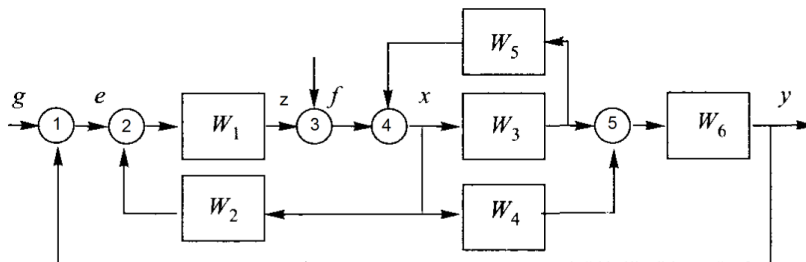


Рис. 3

Задача 4.

Для системы на рис.4 определить W_{zg} - передаточную функцию относительно входа g и выхода z .

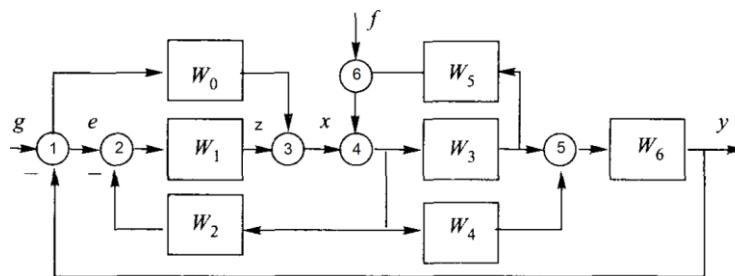


Рис. 4

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования, М., любое изд.

5.2. Дополнительная литература

1. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. Под ред. В.А. Бесекерского. М., 1978.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Митянина Н.В. Теория авторегулирования. Курс лекций / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2017. URL: <http://wwold.inp.nsk.su/students/radio/2021/TAR.pdf> (Свободный доступ)

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2 Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Теория авторегулирования» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции. Студентам необходимо успешно выполнить контрольные работы, предполагающие решение задач из различных разделов курса.

Освоение компетенций оценивается по пятибалльной шкале. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать в профессиональной деятельности основные методы теории автоматического регулирования, самостоятельно работать с учебной и профессиональной литературой по данной дисциплине, проводить научные исследования устойчивости и качества работы автоматических систем, выбирать адекватные методы их оптимизации.

Промежуточная аттестация.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачете, который проводится в конце семестра в зачетную сессию, по вопросам всего курса. Вопросы подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1. При этом в первую очередь проверяется знание разделов курса, с которыми у студента возникли трудности при решении контрольных работ. В рамках промежуточной аттестации преподаватель оценивает активность работы студента на лекциях, своевременное выполнение и сдачу заданий. При выполнении этих условий студент может получить «автомат» по дисциплине.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
------------------	---	---------------------------

<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p>	<p>Знать основные методы анализа систем автоматического регулирования; критерии устойчивости линейных и нелинейных систем автоматического регулирования (САР), методы преобразования структурных схем, методы оценки качества САР и улучшения их работы. Уметь строить кривые переходных процессов, использовать критерии устойчивости, применять корректирующие звенья для достижения устойчивости САР, оценивать качество регулирования; проводить научные исследования устойчивости и качества работы автоматических систем, выбирать адекватные методы их оптимизации; использовать основные методы теории автоматического регулирования и управления автоматических систем для анализа и коррекции существующих и создания новых автоматических систем управления физическими установками.</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>
<p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>	<p>Владеть основной терминологией и понятийным аппаратом теории автоматического регулирования для дальнейшей самостоятельной работы с учебной и профессиональной литературой при решении конкретных физических задач; навыками решения практических задач, возникающих при создании систем автоматического управления физическими экспериментальными установками (обеспечения их устойчивости и качества работы, а при необходимости – коррекции их структуры)</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Теория авторегулирования».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

Вопросы к дифференцированному зачету

N	Вопрос
1	Функция веса и передаточная функция.
2	Частотная характеристика.
3	Замкнутая управляемая система. Разомкнутая управляемая система..
4	Динамические звенья, основные типы.
5	Амплитудно-фазовая частотная характеристика. АФХ и функция веса. Логарифмическая частотная характеристика.
6	Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.
7	Критерий устойчивости Михайлова.
8	Построение области устойчивости.
9	D-разбиение.
10	Критерий устойчивости Найквиста.
11	Определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам.
12	Регулирование: пропорциональное, интегральное, изодромное, по производным.
13	Соединения стационарных линейных систем. Многоконтурная система обратной связи.

14	Преобразование структурных схем.
15	Многомерные системы регулирования. Устойчивость двухмерной системы с асимметричными связями.
16	Построение кривой переходного процесса. Непосредственное решение дифференциальных уравнений.
17	Построение кривой переходного процесса. Применение преобразования Лапласа.
18	Реакция системы на произвольную функцию времени.
19	Оценка качества регулирования. Коэффициенты ошибок.
20	Корневые методы оценки ошибок.
21	Диаграмма Вышнеградского.
22	Частотные критерии качества.
23	Повышение точности систем автоматического регулирования.
24	Комбинированное управление.
25	Нелинейные системы автоматического регулирования.
26	Фазовая плоскость. Особые точки и фазовые портреты линейных систем.
27	Особые точки и фазовые портреты нелинейных систем.
28	Переходные процессы и автоколебания релейной системы.
29	Система со скользящим процессом.
30	Система с логическим управлением. Учёт времени запаздывания.
31	Системы с переменной структурой.
32	Метод припасовывания.
33	Метод гармонической линеаризации.
34	Алгебраический метод определения симметричных колебаний и устойчивости.
35	Частотный критерий устойчивости В.М. Попова.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы по дисциплине
«Теория авторегулирования»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного