

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 12 от 09.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы систем автоматического регулирования

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

09.03.02 - Информационные системы и технологии

Направленность образовательной программы

Информационные технологии в системах космической связи

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2022 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.16 Основы систем автоматического регулирования относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-13: Способен участвовать в постановке и проведении экспериментальных исследований, в обработке и анализе результатов;	<p>ПК-13.1: Знать основные принципы планирования, постановки и проведения экспериментальных исследований</p> <p>ПК-13.2: Уметь осуществлять постановку и проведение компьютерного и натурного эксперимента</p> <p>ПК-13.3: Владение опытом постановки и проведения экспериментов по разработанной методике</p>	<p>ПК-13.1: Знать основные понятия теории автоматического управления, методы анализа и расчёта систем автоматического регулирования, принципы функционирования элементарных блоков систем управления; основные структуры, модели и принципы построения систем автоматического регулирования.</p> <p>ПК-13.2: Уметь использовать современные методы анализа систем, применять понятия и методы теории управления для построения математических моделей и алгоритмов управления системой, применять основные методы анализа и синтеза линейных систем управления на основе типовых звеньев.</p> <p>ПК-13.3: Владеть навыками регистрации и обработки экспериментальных данных при реализации простых систем автоматического регулирования.</p>	Конструкторское задание	Экзамен: Контрольные вопросы

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	12
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	26
- КСР	2
самостоятельная работа	68
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Введение в дисциплину. Основные понятия теории управления.	5	1	0	1	4
2. Структура и классификация систем управления. Виды и принципы управления.	9	1	0	1	8
3. Математические модели систем управления, статические и динамические характеристики.	16	2	6	8	8
4. Линейная теория автоматического управления.	13	1	4	5	8
5. Структурные методы теории автоматического управления.	15	1	4	5	10
6. Характеристики элементарных (типовых) звеньев САУ.	16	2	4	6	10
7. Типовые законы регулирования.	18	2	6	8	10
8. Устойчивость системы управления.	14	2	2	4	10
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	144	12	26	40	68

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение в дисциплину. Основные понятия теории управления.
 - 1.1. Процессы и сигналы.
 - 1.2. Основные понятия и определения теории управления.
2. Структура и классификация систем управления. Виды управления, принципы управления.
 - 2.1. Структура системы управления.
 - 2.2. Классификация автоматических и автоматизированных систем управления.
 - 2.3. Принципы управления.
 - 2.3.1. Разомкнутое управление.
 - 2.3.2. Компенсирующее управление.
 - 2.3.3. Управление с обратной связью (замкнутое управление).
 - 2.3.4. Принцип комбинированного управления.
 - 2.4. Локальные задачи управления. Задача стабилизации или регулирования, задача слежения, задача терминального управления
 - 2.5. Управление сложными системами.
3. Математические модели систем управления.
 - 3.1. Классификация и форма представления моделей объектов и систем управления.
 - 3.2. Статические и динамические характеристики.
 - 3.3. Одноканальное и многоканальное управление.
4. Линейная теория автоматического управления.
 - 4.1. Классификация линейных систем управления.
 - 4.2. Линеаризация нелинейных функций систем управления.
 - 4.3. Математическое описание линейных САУ.
 - 4.4. Частотные характеристики САУ. Передаточная функция.
 - 4.4.1. Модальные характеристики.
 - 4.4.2. Передаточная функция системы управления.
 - 4.4.3. Главная передаточная функция замкнутой системы.
 - 4.4.4. Передаточные функции по возмущению и по обратной связи.
5. Структурные методы теории автоматического управления.
 - 5.1. Правила преобразования структурных схем.
 - 5.2. Последовательное, параллельное и встречно-параллельное или соединение с обратной связью.
 - 5.3. Примеры построения структурной схемы системы управления по дифференциальному уравнению.
 - 5.4. Составление дифференциального уравнения по структурной схеме.
6. Характеристики элементарных (типовых) звеньев САУ.
 - 6.1. Типовые звенья направленного действия.
 - 6.2. Элементарные динамические звенья.
 - 6.3. Математическое описание типовых звеньев САУ.
 - 6.3.1. Безынерционное (пропорциональное, усилительное) звено.
 - 6.3.2. Идеальное дифференцирующее звено.
 - 6.3.3. Дифференцирующее звено первого порядка (форсирующее звено).
 - 6.3.4. Дифференцирующее звено с замедлением.
 - 6.3.5. Интегрирующее звено.
 - 6.3.6. Аперiodическое (инерционное) звено.
 - 6.3.7. Колебательное звено.
 - 6.3.8. Звено чистого запаздывания.
7. Типовые законы регулирования. ПИД-контроллер.
 - 7.1. Типовые законы регулирования: пропорциональный, интегрирующий, дифференцирующий.
 - 7.2. Пропорционально-интегральный, пропорционально-дифференциальный, пропорционально-интегрально-дифференциальный законы регулирования.
 - 7.3. Уравнения основных типовых регуляторов.

8. Устойчивость системы управления. Критерии устойчивости линейных САУ.

8.1. Устойчивость по входу и по начальным данным.

8.2. Теорема об устойчивости линейной динамической системы.

8.3. Критерии устойчивости.

8.3.1. Алгебраический критерий устойчивости Рауса-Гурвица.

8.3.2. Критерий устойчивости Михайлова.

8.3.3. Критерий Найквиста.

8.4. Понятие запаса устойчивости.

9. Методы оценки качества управления (регулирования).

9.1. Показатели качества системы регулирования.

9.2. Типовые переходные процессы.

9.3. Экспериментальные временные характеристики САУ.

9.4. Косвенные методы оценки качества регулирования.

9.5. Частотные показатели качества САУ.

9.6. Интегральные критерии качества систем автоматического регулирования.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Малышенко А.М., Вадутов О.С. Сборник тестовых задач по теории автоматического управления. [Электронный ресурс] – СПб.: Лань, 2016. – 368 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72991>.

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала вместе с соответствующими разделами учебных и учебно-методических пособий, в том числе с использованием систем компьютерной графики и электронных образовательных ресурсов. Одной из основных задач самостоятельной работы является подготовка и выполнение задания по разработке схемы системы автоматического регулирования и проведению схемотехнического моделирования.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Конструкторское задание) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

1. Разработка структурной и принципиальной схем системы управления: 1) светодиодный регулятор освещенности экрана; 2) регулятор скорости вращения электродвигателя с переменной нагрузкой; 3) регулятор температуры с управляемым источником питания.
2. Проведение схемотехнического моделирования, анализ полученных результатов, составление отчета.

Критерии оценивания (оценочное средство - Конструкторское задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Проведено схемотехническое моделирование структурной схемы системы автоматического регулирования. Предоставлен отчет.
не зачтено	По результатам моделированию структурной схемы невозможно оценить работоспособность системы автоматического регулирования. Не выполнено задание.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность	При решении стандартных задач не продемонстрир	Имеется минимальный набор навыков	Продemonстрированы базовые навыки при	Продemonстрированы базовые навыки при	Продemonстрированы навыки при	Продemonстрирован творческий подход к

	оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	ованы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	решении стандартных задач с некоторым и недочетами	решении стандартных задач без ошибок и недочетов	решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	решению нестандартных задач
--	--	---	--	--	--	--	-----------------------------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-13

1. Основные понятия о процессах и сигналах в системах автоматического управления. Понятие блока в систем управления, их функции и решаемые задачи. Классификация автоматических (автоматизированных) систем управления.
2. Основные понятия и определения теории управления. Общая структура системы управления. Основные составные части в структуре системы управления и их функции.
3. Классификация и функции воздействий на объект управления.
4. Виды управления и принципы управления, их достоинства и недостатки.
5. Математические модели систем управления (регулирования). Статические и динамические характеристики.

6. Статическое и астатическое регулирование. Примеры реализации.
7. Понятие переходного процесса в системе управления. Понятие переходной и импульсной характеристик.
- Основные параметры переходных характеристик.
8. Математическое описание систем автоматического управления. Нормальное уравнение состояния системы.
- Пример составления математической модели элементов системы управления.
9. Классификация линейных систем управления. Способы линеаризации нелинейных систем. Уравнение состояния системы в приращениях от рабочей точки. Принцип суперпозиции.
10. Математическая модель линейной системы автоматического управления в нормальной форме Коши. Свободное поведение САУ, переходная матрица и модальные характеристики.
11. Понятие передаточной функции в теории управления. Операторная форма записи уравнений состояния системы и матричная передаточная функция системы. Физическая реализуемость системы.
12. Частотная характеристика элемента или системы управления. Формы представления частотной характеристики.
13. Структурные методы в теории управления. Структурная схема замкнутой системы регулирования с обратной связью. Главная передаточная функция замкнутой системы управления.
14. Элементарные (типовые) динамические звенья, их математические модели и основные характеристики.
15. Правила преобразования структурных схем при последовательном, параллельном и встречно-параллельном обратная связь) соединениях звеньев, примеры их использования.
16. Управление сложными системами. Классификация задач локального одноканального и многоканального управления.
17. Регуляторы и задающие блоки в составе устройства управления системы. Типовые законы регулирования. ПИД-регулятор.
18. Понятие устойчивости системы управления. Основное условие устойчивости (теорема об устойчивости) линейной системы управления.
19. Критерии устойчивости линейных систем управления. Алгебраический критерий Рауса-Гурвица.
20. Частотные критерии устойчивости линейных систем управления. Критерий Михайлова.
21. Частотные критерии устойчивости линейных систем управления. Критерий Найквиста.
- 22 Понятие запаса устойчивости системы управления.
23. Показатели качества системы регулирования.
24. Типовые переходные процессы.
25. Косвенные методы оценки качества регулирования.
- 26 Интегральные критерии качества систем автоматического регулирования.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент полностью выполнил задание, отвечает полностью на вопросы, в том числе выходящие за рамки изученного объема курса, проявляя инициативу и

Оценка	Критерии оценивания
	творческое мышление.
отлично	Студент полностью выполнил задание, отвечает полностью на вопросы , самостоятельно решает задачу в рамках изученных подходов. При ответе на дополнительные вопросы допускаются незначительные неточности.
очень хорошо	Студент полностью выполнил задание, однако имеются отдельные замечания по представлению и интерпретации полученных результатов. Студент показывает хороший уровень знания вопросов билета, самостоятельно решает задачу и отвечает на вопросы с небольшими неточностями.
хорошо	Студент полностью выполнил задание, однако имеются замечания по представлению и интерпретации полученных результатов. Студент показывает средний уровень знания вопросов билета, решает задачу с наводящими вопросами преподавателя и отвечает на некоторые дополнительные вопросы.
удовлетворительно	Студент имеет низкую оценку по заданию, имеются замечания по представлению и интерпретации полученных результатов Студент показывает удовлетворительное знание вопросов и знание базовых понятий, может решить типовую задачу с помощью преподавателя.
неудовлетворительно	Студент имеет низкую индивидуальную оценку по заданию, показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.
плохо	Не ставится.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Коновалов Б. И. Теория автоматического управления / Коновалов Б. И., Лебедев Ю. М. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 220 с. - Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 210106 — «Промышленная электроника» направления подготовки дипломированных специалистов 210100 , <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=804144&idb=0>.
2. Певзнер Л. Д. Теория систем управления / Певзнер Л. Д. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 424 с. - Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Управление в технических системах». - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-8114-1566-3.,

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=800185&idb=0>.

3. Теория автоматического регулирования / Глазырин Г.В. - Москва : НГТУ, 2014., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=654558&idb=0>.

4. Ощепков А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB / Ощепков А. Ю. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 208 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-8114-8544-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=757838&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Горяченко Вадим Демьянович. Задачи по теории колебаний, устойчивости движения и качественной теории дифференциальных уравнений : учебно-методическое пособие. Ч. 2 : Устойчивость в малом ; Критерии устойчивости ; Метод D-разбиений / В. Д. Горяченко, А. Л. Пригоровский, В. М. Сандалов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - 2-е изд., перераб. и доп. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2009. - 30 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=849397&idb=0>.

2. Охорзин В. А. Теория управления / Охорзин В. А., Сафонов К. В. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 224 с. - Рекомендовано ФГБОУ ВПО «Государственный университет управления» в качестве учебника для студентов вузов, обучающихся по специальности «Прикладная математика» и направлению «Прикладная математика». - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-1592-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=800006&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Разработка программного обеспечения, управляющего макетами устройств осуществляется в среде программирования Microsoft Visual Studio, MicroCap.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: в том числе,

–высокотехнологичным оборудованием: станция приема и управления спутниками "Завиток-М"; радиочастотное оборудование, включая усилители, генераторы сигналов, источники тока, технологическое оборудование, включая термостол, паяльные станции, настольные лупы и стереоскопический микроскоп; средства измерения, включая детекторы, осциллографы, мультиметры, анализаторы спектра;

–вычислительными ресурсами: современными компьютерами и 3 мобильными рабочими местами на базе современных ПК;

–специализированным прикладным программным обеспечением: программное обеспечение ТМПО-Pro ViLab обработки данных, используется для обработки данных измерений, параметров антенн, генерации и анализа графиков;

–офисным и мультимедийным оборудованием, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Перечисленное оборудование входит в состав Учебно-лабораторного интерактивного комплекса систем космической связи для проведения занятий для студентов при обучении созданию автоматизированных измерительных систем на основе интерактивного управления программируемыми средствами измерения, систем обработки сигналов, проектированию оборудования космических систем связи, измерениям параметров радиотехнических систем, а также для проведения практических занятий, предусмотренных программой.

Специальное образовательное пространство (СОП) Учебно-лабораторный интерактивный комплекс систем космической связи (уч. корп.3, ауд. 511, 516) создано научно-образовательным отделением космической связи ПИШ ННГУ и утверждено приказом ННГУ №06.49-04-0669/23 от 29.12.2023 г. для реализации образовательных программ (ОП) ПИШ ННГУ, в том числе, для ОП «Информационные технологии в системах космической связи» направления подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии», разработанной с целью исполнения Программы развития ПИШ ННГУ в рамках федерального проекта Минобрнауки России "Передовые инженерные школы" государственной программы Российской Федерации "Научно-технологическое развитие Российской Федерации" (<https://analytics.engineers2030.ru/schools/unn>).

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.03.02 - Информационные системы и технологии.

Автор(ы): Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.01.2022, протокол № б/н.