

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Радиоавтоматика

по направлению подготовки / специальности

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

радиоэлектронные системы передачи информации

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.А. Мещеряков

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3. Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-4. Способен выполнять исследования с целью совершенствования и роста технических характеристик радиоэлектронной аппаратуры с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

ПК-5. Способен формировать и реализовывать программы макетных и экспериментальных исследований.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 3.1. Знает основные законы функционирования и процессы, происходящие в радиоэлектронных системах и комплексах.

ИОПК 3.2. Анализирует, моделирует, прогнозирует поведение радиоэлектронных систем и комплексов.

ИОПК 3.3. Владеет навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании.

ИПК 4.1. Применяет прикладные методы моделирования процессов в радиоэлектронных системах передачи информации

ИПК 4.2. Владеет приемами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации с целью предсказания и улучшения их параметров

ИПК 4.3. Применяет стандартные прикладные программные средства при проведении модельных экспериментов

ИПК 5.1. Формирует программу проведения экспериментальных исследований.

ИПК 5.2. Обосновывает программу эксперимента, обрабатывает результаты эксперимента, оценивает погрешности экспериментальных результатов.

ИПК 5.3. Владеет: методикой и техникой проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; методами анализа результатов измерений.

2. Задачи освоения дисциплины

Изучение теоретических основ функционирования радиотехнических систем автоматического регулирования (следающих систем).

В результате освоения дисциплины обучающийся формирует совокупность знаний о:

- принципах функционирования и характеристиках систем радиоавтоматики;
- методах анализа систем радиоавтоматики;
- принципах работы аналоговых и цифровых электронных устройств, входящих в состав радиотехнических систем автоматического регулирования.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Б1.П.В. Профессиональный цикл. Вариативная часть, формируемая участниками образовательных отношений включая дисциплины по выбору.

Дисциплина относится к **Общепрофессиональному циклу. Вариативная часть Б1.П.В.** Образовательной программы по направлению **11.05.01.**

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

девятый семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Б1.0.0.01 «Радиоэлектроника, Б1.О.В.03 «Датчики-преобразователи первичной информации», Б1.О.О.09 «Схемотехника аналоговых электронных устройств», Б1.0.0.03 «Устройства генерирования и формирования сигналов», Б1.П.В.ДВ.05.01 «Устройства приема и обработки сигналов», Б1.П.В.01 «Статистическая радиофизика»

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 34 ч.

-семинары: 16 ч.

-лабораторный практикум: 36 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Раздел 1. Введение. Общие принципы построения систем автоматического управления.

Принцип разомкнутого управления; принцип компенсации возмущающих воздействий; принцип обратной связи (следящее управление), управление по рассогласованию, понятия ошибки регулирования и дискриминатора.

Раздел 2. Радиоавтоматические системы, их функциональные и структурные схемы.

Системы автоматической подстройки частоты (АПЧ). Система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Система углового автоматического сопровождения цели бортовой РЛС. Система автоматической регулировки усиления (АРУ). Система измерения дальности РЛС. Обобщенная функциональная схема системы радиоавтоматики.

Раздел 3. Математическое описание систем радиоавтоматики.
Временные и частотные методы описания систем радиоавтоматики. Спектрально-корреляционные характеристики стационарных случайных сигналов (процессов).

Раздел 4. Статистические характеристики дискриминаторов систем радиоавтоматики.

Статистический эквивалент дискриминатора, дискриминационная характеристика, источник флуктуаций, флуктуационная характеристика дискриминатора. Нелинейное стохастическое уравнение следящей системы; условие перехода к линейному уравнению; операторные коэффициенты передачи замкнутой системы по ошибке и по выходному сигналу, динамическая и флуктуационная составляющие ошибки слежения.

Раздел 5. Устойчивость линейных систем управления.

Дифференциальные уравнения и передаточные характеристики линейных систем. Частотные характеристики элементарных звеньев. Понятия устойчивости; локальная устойчивость, характеристическое уравнение и его корни. Алгебраические и частотные критерии устойчивости, запас устойчивости.

Раздел 6. Показатели качества работы систем радиоавтоматики.

Показатели качества переходного процесса; динамические ошибки системы радиоавтоматики, коэффициенты ошибок по положению, скорости, ускорению. Астатические следящие системы, порядок астатизма и динамическая ошибка в установившемся режиме. Динамические ошибки некоторых типичных следящих систем (примеры систем с одним и двумя интеграторами при ступенчатом, линейном и квадратичном воздействиях). Средняя квадратическая ошибка системы радиоавтоматики, ее динамическая и флуктуационная составляющие; энергетический спектр флуктуаций и дисперсия, эффективная шумовая полоса следящей системы.

Раздел 7. Оптимизация параметров следящей системы.

Статистические характеристики для некоторых следящих систем (примеры); их зависимость от параметров фильтров, возможность оптимизации. Следящая система, как оптимальный фильтр.

Раздел 8. Нелинейные системы радиоавтоматики. Влияние нелинейности элементов систем радиоавтоматики, их дискриминационных характеристик на устойчивость; возможность срыва режима слежения, полоса удержания. Методы анализа нелинейных следящих систем.

Раздел 9. Дискретные системы радиоавтоматики и методы их анализа.

Системы с прерывистым входным сигналом, метод фиксации сигнала на время прерывания. Дискретные системы с конечным временем съема данных. z-преобразование; передаточные функции дискретных систем, разностные уравнения, операторная и комплексная формы представления передаточных функций. Устойчивость дискретных следящих систем.

Раздел 10. Цифровые системы радиоавтоматики, их структура.

Аналоговые элементы и цифровые объекты управления цифровых систем: АЦП, ЦАП, цифровой фильтр, цифровые генераторы опорных сигналов (синтезаторы частоты). Цифровые дискриминаторы временных, фазовых, частотных параметров радиотехнических сигналов, их статистические эквиваленты. Цифровые фильтры; передаточная функция цифрового фильтра, методы реализации цифровых фильтров.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, оценки качества докладов на семинарах, тестов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Подготовка к выполнению лабораторных работ и оформление научно-технических отчетов по результатам экспериментальных исследований проводятся обучающимися самостоятельно. Семинарские

занятия проводятся в форме докладов-презентаций обучающихся по разделам теоретического курса. Для указанной подготовки студенты используют материалы теоретических разделов, методических пособий и методических рекомендаций, размещенные на сайте системы «Электронный университет-MOODLE» <http://moodle.tsu.ru> : теоретические разделы дисциплины «Радиоавтоматика», <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=2715> .

Контроль качества усвоения теоретических положений лабораторных работ и методических указаний проводится путем устного собеседования. Электронные варианты отчетов по лабораторным работам загружаются студентами на сайт курса системы moodle и оцениваются преподавателем.

Возможные темы лабораторных работ:

1. Стабилизация напряжения
2. Исследование системы автоматической регулировки усиления
3. Исследование системы фазовой автоподстройки частоты
4. Автоматическая регулировка полосы пропускания
5. Исследование системы частотной автоподстройки
6. Исследование цифровой системы фазовой автоподстройки частоты
7. Исследование характеристик типовых динамических звеньев
8. Исследование устойчивости и точности динамической системы при различных воздействиях

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в девятом семестре в форме устного зачета по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Первый вопрос в каждом билете сформулирован для проверки следующих компетенций/индикаторов компетенций: ОПК-3/ ИОПК 3.1, ИОПК 3.2, ИОПК 3.3; ПК4-/ ИПК 4.1, ИПК 4.2.

Второй вопрос в каждом билете сформулирован для проверки следующих компетенций/индикаторов компетенций: ПК-5/ ИПК 5.1, ИПК 5.2, ИПК 5.3.

Примерный перечень теоретических вопросов на зачете

1. Общие принципы построения систем автоматического управления.
2. Статистическое описание сигналов обобщенной системы радиоавтоматики. Основные определения и понятия.
3. Системы автоматической подстройки частоты (АПЧ).
4. Дать аналитическое определение энергетического спектра узкополосной помехи.
5. Системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).
6. Получить выражение для энергетического спектра случайного процесса на выходе фазового детектора через корреляционную функцию процесса и при гармоническом опорном сигнале, проанализировать спектр.
7. Система автоматического (по углу) сопровождения цели бортовой РЛС.
8. Нелинейное стохастическое уравнение обобщенной следящей системы; условие перехода к линейному уравнению; операторные коэффициенты передачи.

9. Система измерения дальности РЛС.
10. Выходное напряжение фазового детектора (дискриминатора) при воздействии смеси сигнала и помехи и при гармоническом опорном сигнале, понятия статистических характеристик ФД.
11. Астатические следящие системы; порядок астатизма и динамическая ошибка в установившемся режиме.
12. Ввести операторные коэффициенты передачи обобщенной следящей системы по ошибке и по выходному сигналу, определить понятия динамической и флуктуационной составляющих ошибки слежения.
13. Виды показателей качества работы систем радиоавтоматики, показатели качества переходного процесса.
14. Дать определения частотных критериев устойчивости Михайлова и Найквиста.
15. Динамические ошибки системы радиоавтоматики, коэффициенты ошибок.
16. Понятия устойчивости: локальная устойчивость, характеристическое уравнение и его корни.
17. Оптимизация параметров следящей системы радиоавтоматики, постановка задачи, критерий оптимизации. Описание процедуры решения задачи оптимизации: нахождение математического ожидания ошибки, вычисления дисперсии ошибки через энергетический спектр флуктуаций, поиска оптимальных параметров.
18. Нелинейное стохастическое уравнение следящей системы, условие перехода к линейному уравнению, операторные коэффициенты передачи.
19. Выходное напряжение фазового детектора (дискриминатора) при воздействии смеси сигнала и помехи и при гармоническом опорном сигнале, понятия статистических характеристик ФД.
20. Статистические характеристики фазового детектора (математическое ожидание и энергетический спектр) для случая, когда входной и опорный сигналы являются узкополосными случайными процессами.
21. Понятия операторного коэффициента передачи, передаточной функции и частотной характеристики, их связь друг с другом. Частотные характеристики некоторых элементарных звеньев.
22. Средняя квадратическая ошибка системы радиоавтоматики, энергетический спектр и дисперсия ошибки при наличии флуктуаций сигнала воздействия, эффективная шумовая полоса следящей системы.

Студенты, не выполнившие полностью задания по лабораторным работам, не допускаются к сдаче теоретического зачета.

Результаты зачета определяются оценками «зачет», «незачет» и соответствуют критериям оценивания результатов обучения, приведенным в таблице.

Компетенция	Индикатор компетенции ¹	Критерии оценивания результатов обучения	
		незачет	зачет
ОПК 3 Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники	ИОПК 3.1 Знает основные законы функционирования и процессы, происходящие в радиоэлектронных системах и комплексах.	Обучающийся имеет смутные представления о законах функционирования и процессах, происходящих в радиоэлектронных системах и комплексах	Обучающийся имеет полное представление о законах функционирования и процессах, происходящих в радиоэлектронных системах и комплексах

¹ В случае реализации образовательной программы по ФГОС ВО 3+ графа не заполняется.

и информа ционно- коммуни кационн ых технолог ий.			
	ИОПК 3.2 Анализирует, моделирует, прогнозирует поведение радиоэлектронн ых систем и комплексов.	Студент затрудняется проводить анализ, моделировать и прогнозировать поведение радиоэлектронных систем и комплексов.	Обучающийся может проводить анализ, моделировать и прогнозировать поведение радиоэлектронных систем и комплексов.
	ИОПК 3.3 Владеет навыками работы на современном измерительном и диагностическо м оборудовании.	Обучающийся не обладает навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании.	Обучающийся владеет навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании.
ПК 4 Способе н выполня ть исследов ания с целью соверше нствован ия и роста техничес ких характер истик радиоэле ктронно й аппарату ры с использо ванием стандарт ных пакетов приклад ных програм м.	ИПК 4.1 Применяет прикладные методы моделирования процессов в радиоэлектронн ых системах передачи информации	Обучающийся затрудняется применять прикладные методы моделирования процессов в радиоэлектронных системах передачи информации	Обучающийся демонстрирует достаточно уверенное владение прикладными методами моделирования процессов в радиоэлектронных системах передачи информации

	ИПК 4.2 Владеет приемами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации с целью предсказания и улучшения их параметров	Обучающийся не владеет приемами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации с целью предсказания и улучшения их параметров	Обучающийся имеет представление о приемах компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации с целью предсказания и улучшения их параметров
	ИПК 4.3 Применяет стандартные прикладные программные средства при проведении модельных экспериментов	Обучающийся не может уверенно применять стандартные прикладные программные средства при проведении модельных экспериментов	Обучающийся способен применять стандартные прикладные программные средства при проведении модельных экспериментов
ПК 5 Способен формировать и реализовывать программы макетных и экспериментальных исследований.	ИПК 5.1 Формирует программу проведения экспериментальных исследований.	Обучающийся затрудняется формировать программы проведения экспериментальных исследований.	Обучающийся способен формировать программы проведения экспериментальных исследований.
	ИПК 5.2 Обосновывает программу эксперимента, обрабатывает результаты эксперимента, оценивает погрешности экспериментальных результатов.	Обучающийся не способен обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных результатов.	Обучающийся способен обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных результатов.

	ИПК 5.3 Владеет: методикой и техникой проведения эксперименталь- ных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; методами анализа результатов измерений.	Обучающийся слабо знаком с методикой и техникой проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; с методами анализа результатов измерений.	Обучающийся владеет методикой и техникой проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; с методами анализа результатов измерений.
--	--	---	---

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle». - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=2715>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (пп. 9,10).

в) Методические указания по проведению лабораторных работ. Электронный ресурс «Радиоавтоматика. Лабораторный практикум», <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=1828>

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов: разделы теоретического курса по дисциплине - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=2715> , элементы методических рекомендаций по планированию и проведению экспериментальных исследований и формированию технических отчетов - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=1828>

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Арсеньев Г. Н. Радиоавтоматика : учебник : [для курсантов и слушателей высших военно-учебных заведений Космических войск, обучающихся по направлению подготовки "Радиотехника"] / Г. Н. Арсеньев, С. Н. Замуруев. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Форум [и др.], 2019. - 591 с.: ил. -(Высшее образование. Бакалавриат) - (Электронно-библиотечная система "Znaniy.com").

2. Радиосистемы и комплексы управления : [учебник для студентов вузов / В. А. Архангельский, В. А. Вейцель, А. С. Волковский и др.] ; под ред. В. А. Вейцеля. - 2-е изд.. - Москва: Вузовский учебник, 2017. - 572 с.: ил., табл.

3. Радиоавтоматика : [учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 210304.65 "Радиоэлектронные системы" / В. Н. Бондаренко, В. Н. Тяпкин, Д. Д. Дмитриев и др.] ; под общ. ред. В. Н. Бондаренко ; Сибирский федеральный ун-т. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2013. - 1 онлайн-ресурс (171 с.): ил.. URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000552028/000552028.pdf>

4. Соколов А. И. Радиоавтоматика : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Радиотехника"] / А. И. Соколов, Ю. С. Юрченко. - Москва : Академия, 2011. - 266, [1] с.: ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Радиотехника) . URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2018/000419362/000419362.pdf>.

б) дополнительная литература:

1. Кочеткова Т. Д. Радиоавтоматика. Лабораторный практикум : учебно-методический комплекс : [для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 21.06.01 «Радиотехнические системы и комплексы»] / Кочеткова Т. Д. ; Том. гос. ун-т, [Ин-т дистанционного образования]. - Томск : [ИДО ТГУ], 2015. - . URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000516223http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000516223>

2. Коновалов Г. Ф. Радиоавтоматика : [учебник для вузов по специальности "Радиотехника"] / Г. Ф. Коновалов. - Москва : Высшая школа, 1990. - 334, [1] с.: ил.,

3. Первачев С. В. Радиоавтоматика : [Учебник для вузов по специальности "Радиотехника"] / С. В. Первачев. - М. : Радио и связь, 1982. - 294, [2] с.

4. Богачков И. В. Основы радиоавтоматических систем : практикум по

радиоавтоматике : [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 210402 - Средства связи с подвижными объектами - Телекоммуникации] / И. В. Богачков ; Омский гос. техн. ун-т. - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2009. - 90 с.: табл., рис.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных (*при наличии*):

– Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>

– Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) – <https://www.fedstat.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

Аудиторный фонд, оснащенный мультимедийным оборудованием; пакетом NI Multisim 12 для виртуального моделирования и платформами NI ELVIS II и ELVIS III+ для проектирования и экспериментального исследования электронных схем в лабораторном практикуме; фондами и ресурсами научной библиотеки ТГУ. Компьютерные классы имеют порядка 40 рабочих мест для выполнения лабораторных занятий и индивидуальной работы с выходом в Интернет на сайт <http://info.rff.tsu.ru>.

15. Информация о разработчиках

Новиков Сергей Сергеевич, доцент, кандидат физ.-мат. наук, кафедра радиоэлектроники ТГУ, доцент.