





## 1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Формирование и передача сигналов» изучается студентами заочной формы обучения на четвёртом курсе. По дисциплине читаются: одна установочная лекция (2 часа), обзорные лекции (12 часов), проводятся лабораторные занятия (20 часов) и консультации. Студенты выполняют одну контрольную работу, один курсовой проект и сдают экзамен. Общее время, затрачиваемое на самостоятельную работу, составляет 124 часа.

## 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ

### 2.1. Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Формирование и передача сигналов» представляет собой теоретическую, фундаментальную базу для изучения принципов действия, методов анализа, способов построения и основ эксплуатации устройств передачи сигналов (радиопередающих устройств). Такие устройства являются неизменной частью любых радиотехнических систем, применяемых, в том числе, в гражданской авиации.

Дисциплина служит основой для освоения последующих дисциплин, связанных с изучением радиотехнических систем связи, радиолокации, радионавигации, широко используемых в бортовых и наземных радиотехнических средствах гражданской авиации, обеспечивает необходимый уровень инженерной подготовки в области теории и техники передачи информации (сигналов).

### 2.2. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплекс знаний и умений)

В результате изучения дисциплины студенты должны:

**иметь представление** о роли и месте устройств формирования и передачи сигналов в современных радиотехнических системах;

**знать:**

- математические модели описания сигналов и помех, их физическую сущность;
- математические и структурные модели каналов передачи информации;
- информационные характеристики сообщений, помех и каналов;
- способы управления информационными параметрами сигналов;
- основы помехоустойчивого кодирования;
- принципы построения современных устройств ФиПС различных типов, мощностей и диапазонов волн;
- способы построения устройств ФиПС при различных видах и классах излучений;

- принципы работы, схемные решения основных узлов передающих устройств и цепей согласования в них;
- принципы работы, основные характеристики электронных приборов СВЧ – диапазона, их использования в радиопередатчиках;
- особенности технической эксплуатации устройств ФиПС;

**уметь:**

- определять информационные характеристики источников сообщений и каналов передачи информации;
- производить инженерный расчет структурных схем и схем основных каскадов радиопередатчиков;
- анализировать работу основных узлов, строить и читать схемы устройств ФиПС;
- выбирать экономичные режимы работы каскадов передатчиков при обеспечении заданных характеристик;
- производить экспериментальные работы по измерению основных показателей различных каскадов ФиПС;

**владеть:**

- пользованием литературой, справочниками, прикладными и нормативными изданиями;
- навыками использования результатов изучения и исследования конкретных узлов и схем ФиПС;
- пользованием и применением компьютерной техники для изучения, анализа и проверки своих знаний и умений, практики расчетов.

### 3. ЛИТЕРАТУРА

*Основная*

1. Радиопередающие устройства / под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2003.
2. Проектирование радиопередатчиков / под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2003.
3. Дивеев В.Н. Формирование и передача сигналов // Методы формирования сигналов: тексты лекций. – М., 2010. – Ч. 1.
4. Дивеев В.Н. Формирование и передача сигналов // Техническая реализация устройств передачи сигналов: тексты лекций. – М.: МГТУ ГА, 2011. – Ч. 2.

*Учебно-методическая*

5. Дивеев В.Н. Формирование и передача сигналов: пособие по выполнению контрольной работы и курсового проекта. – М.: МГТУ ГА, 2008.
6. Дивеев В.Н. Формирование и передача сигналов: пособие по выполнению курсового проекта. – М.: МГТУ ГА, 2007.
7. Дивеев В.Н. Формирование и передача сигналов: пособие по выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2011.

*Дополнительная*

8. Криницин В.В., Логвин А.И. Формирование и передача сигналов в авиационных радиоустройствах. – М.: Транспорт, 1998.
9. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. – М.: Радио и связь, 1991.
10. Минаев М.И. Радиопередающие устройства СВЧ. – Минск: Высшая школа, 1978.

**4. ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИИ***Электронные источники информации по дисциплине*

Электронные версии учебных и учебно-методических пособий по дисциплине, изданных в МГТУ ГА [3-7].

*Ресурсы Интернета:*

- <http://www.mintrans.ru> – официальный сайт Минтранса РФ;
- [http://www.omgtu.ru/general\\_information/institutes/institute\\_of\\_life\\_safety/IBGD/Book\\_VTPP\\_VR\\_Metod.htm](http://www.omgtu.ru/general_information/institutes/institute_of_life_safety/IBGD/Book_VTPP_VR_Metod.htm) – применение ГОСТ 2.106-79 при оформлении графических документов;
- [http://gost.stroysss.ru/gost/17763\\_2.106-96.html](http://gost.stroysss.ru/gost/17763_2.106-96.html) – ГОСТ по текстам;
- [http://old.reslib.com/book/Radioperedayusche\\_ustrojstva\\_\\_Uchebnik\\_dlya\\_vuzov\\_\\_Pod\\_obsch\\_\\_red\\_\\_Shahgiljdyana\\_V\\_V](http://old.reslib.com/book/Radioperedayusche_ustrojstva__Uchebnik_dlya_vuzov__Pod_obsch__red__Shahgiljdyana_V_V) – электронная версия учебника [1].

*Кафедральные программные средства:*

- программа тестового контроля знаний студентов по дисциплине “Формирование и передача сигналов”;
- программы по выполнению ЛБ-2, ЛБ-8;
- программы автоматизированного проектирования передатчиков: с АМ на УКВ, с ЧМ на УКВ, с ОМ на КВ, импульсных передатчиков.

**5. ЭЛЕКТРОННЫЕ АДРЕСА ДЛЯ КОНСУЛЬТАЦИЙ**

Ответственный по заочному обучению по кафедре РТУ доцент Дивеев Вадим Николаевич: [dvn33@yandex.ru](mailto:dvn33@yandex.ru), [v.diveew@mstuca.aero](mailto:v.diveew@mstuca.aero).

Ответственный за дисциплину доцент Дивеев В.Н.: [dvn33@yandex.ru](mailto:dvn33@yandex.ru)

## **6. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Введение в дисциплину.**

Цель изучения дисциплины и вопросы организации изучения, литературные источники. Назначение и области применения средств передачи информации, их роль в гражданской авиации и авиационной технике. Структурная схема типовой системы передачи информации. Классификация сигналов и обобщённые их характеристики.

**Раздел 1. Аналитические модели сигналов и помех.** Обобщенная спектральная теория сигналов. Узкополосные, широкополосные сигналы, аналитический сигнал. Модели помеховых воздействий.

**Раздел 2. Каналы передачи информации.** Классификация каналов. Основные операторы преобразований. Структура каналов и математические модели каналов передачи информации. Показатели качества передачи аналоговой и цифровой информации.

**Раздел 3. Модуляция как процесс управления информационными параметрами сигналов.** Информационные и параметры селекции сигналов. Виды модуляции и основные показатели модулированных сигналов. Математические модели модулированных сигналов, основные параметры: амплитудная, частотная, фазовая, импульсные виды модуляции, манипуляции, однополосная модуляция. Структурные схемы модуляции разных видов.

**Раздел 4. Элементы теории информации.** Информация и ее количественная мера. Информационные характеристики дискретного канала, непрерывного канала. Производительность источников и пропускная способность канала, их согласование. Взаимная информация и ее роль в оценке информационных свойств канала ПИ.

**Раздел 5. Основы теории кодирования.** Эффективное и помехоустойчивое кодирование. Коды блочные, цепные, линейные. Процедуры обнаружения и исправления ошибок. Цифровые виды модуляции.

**Раздел 6. Способы разделения каналов в линиях связи.** Принцип разделения каналов в линиях связи. Частотный, временной, фазовый, кодовый способы разделения каналов.

**Раздел 7. Классификация устройств формирования и передачи сигналов.** Классификация и структурные схемы радиопередатчиков различных видов модуляции. Требования к современным радиопередатчикам.

**Раздел 8. Возбуждение колебаний в радиопередатчиках.** Автогенераторы, параметрическая и кварцевая стабилизация частоты, влияние внешних факторов на стабильность частоты, схемотехника автогенераторов. Принципы построения синтезаторов частоты с пассивной и активной фильтрацией. Цифровые синтезаторы частот.

**Раздел 9. Высокочастотный тракт радиопередатчиков.** Варианты структурных схем высокочастотного тракта. Генераторы с внешним возбуждением на лампах и транзисторах, анализ их электронных режимов, широкополосные усилители. Способы и схемы сложения мощностей.

Промежуточные каскады высокочастотного тракта, умножители частоты, согласующие четырехполосники межкаскадные и выходные.

**Раздел 10. Устройства формирования радиосигналов.** Способы и устройства АМ. Способы и устройства формирования радиосигналов с однополосной модуляцией. Способы и устройства частотной и фазовой модуляции. Схемы формирования манипулированных радиосигналов. Импульсные модуляторы с частичным и полным разрядом накопителя. Магнитные импульсные модуляторы.

**Раздел 11. Генераторы и автогенераторы в диапазонах СВЧ.** Особенности активных элементов и колебательных систем ГВВ и АГ в диапазонах УВЧ и СВЧ. Ламповые автогенераторы и ГВВ. Генераторы на пролетных клистронах. Магнетронные генераторы. Усилители и генераторы на ЛБВ и ЛОВ. Генераторы на твердотельных элементах СВЧ. Квантовые генераторы.

**Раздел 12. Особенности процессов эксплуатации передатчиков.** Охрана труда и окружающей среды при эксплуатации передатчиков. Характеристики и параметры надёжности передатчиков. Параметры надёжности элементов схем передатчиков.

## 7. ТЕМИНОЛОГИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Сигнал** – физический процесс, несущий информацию.

**Радиосигнал** – электрическое или электромагнитное колебание, несущее информацию и создаваемое процессом модуляции сигналом.

**Модуляция** – процесс управления параметрами электрического колебания неизменной частоты (несущего колебания).

**АМ** – амплитудная модуляция; **ЧМ** – частотная модуляция; **ФМ** – фазовая модуляция; **ИМ** – импульсная модуляция; **ОМ** – однополосная модуляция; **КИМ** – кодово-импульсная модуляция; **ДМ** – дельта модуляция.

**Аналитическая модель** – математическое описание формы и параметров сигналов.

**Канал передачи информации** – часть тракта передачи информации между источником информации и её получателем.

**Энтропия** – количественная мера информации.

**Кодирование** – преобразование сообщений источника информации в форму, необходимую для передачи по каналу.

**Основание алфавита сообщений** – количество возможных сообщений источника информации.

**Кодовая комбинация** – последовательность кодовых символов, соответствующая одному сообщению.

**Разрядность кодовой комбинации** – количество кодовых символов в кодовой комбинации.

**Разделение каналов** – процесс передачи сообщений разных источников в одной линии связи.

**Возбудитель** – устройство формирования несущих колебаний передатчика.

**Синтезатор частот** – функциональное звено возбудителя, производящее выходные колебания.

**ДОЧ** – датчик опорных частот для синтезатора частот.

**Генератор с внешним возбуждением (ГВВ)** – усилитель колебаний несущей частоты (обычно стоящий на выходе высокочастотного тракта).

**Сложение мощностей** – процесс объединения выходных колебаний нескольких ГВВ.

**Промежуточные каскады вч-тракта** – цепь каскадов усиления или умножения частоты между возбудителем и выходным ГВВ.

**Согласование** – схемотехническое решение согласования выходных импедансов предыдущих с импедансами последующих каскадов.

**Модулятор** – устройство, производящее модуляцию параметров несущего колебания.

**МКЛ** – метало-керамическая электронная лампа, применяемая в передатчиках СВЧ.

**Пролётный клистрон** – мощный усилитель СВЧ-колебаний.

**Магнетрон** – мощный автогенератор СВЧ-колебаний.

**ЛБВ** – лампа бегущей волны, используемая как усилитель в диапазоне СВЧ.

**ЛОВ** – лампа обратной волны, используемая как автогенератор или усилитель колебаний в диапазоне СВЧ.

**Замедляющая система** – функциональная часть электронных приборов СВЧ (магнетрона, ЛБВ, ЛОВ), служащая для замедления фазовой скорости электромагнитных волн.

**ЛПД** – полупроводниковый лавинно-пролётный диод, используемый в маломощных автогенераторах СВЧ.

**Диод Ганна** – полупроводниковый кристаллический элемент, используемый в маломощных автогенераторах СВЧ.

**Надёжность** – свойство передатчика поддерживать работоспособность в заданных условиях эксплуатации.

**Отказ** – полное или частичное нарушение работоспособности передатчика.

**Наработка на отказ** – среднее время между двумя отказами.

**Интенсивность отказов** – средняя частота появления отказов.

**Вероятность безотказной работы** – характеристика зависимости вероятности отказов за определённый интервал времени.

## 8. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ПРОГРАММЫ

### **Введение в дисциплину.**

Тема 1. Установочная информация и место дисциплины в подготовке специалиста.

Тема 2. Структурная схема системы передачи информации.

Тема 3. Классификация и обобщённые параметры сигналов.

*Методические указания к изучению тем введения.*

Литература [1, с. 9-5; 3, с. 3-5].

Центральные вопросы раздела: понятие информации, сообщения и сигнала; роль и место радиопередающих устройств в радиотехнических системах; типовая структура системы передачи информации; радиосигнал и его обобщённые параметры; объём и база сигнала; классификация сигналов.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Что такое сообщение, информация и сигнал?
2. Поясните назначение блоков типовой структурной схемы передачи информации.
3. Что составляет канал связи?
4. Укажите признаки классификации сигналов.
5. Что такое объём и база сигнала?

### **Раздел 1. Аналитические модели сигналов и помех.**

Тема 1.1. Аналитические (математические) модели сигналов.

Тема 1.2. Виды помех и их математическое описание.

Тема 1.3. Элементы обобщённой спектральной теории сигналов.

*Методические указания к изучению раздела 1.*

Литература [3, с. 5-9; 8, с. 10-19].

Центральные вопросы раздела: узкополосный сигнал, формы его математического описания; аналитический сигнал и его особенности; виды помех и их математическое описание; разложение моделей сигналов в ряд по базисным функциям; ряд Котельникова-Шеннона и его базисная функция.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Чем отличаются узкополосные и широкополосные сигналы?
2. Приведите запись форм математического описания узкополосного сигнала.
3. Какова ширина спектра аналитического сигнала?
4. Приведите запись формы случайного сигнала.
5. Что такое аддитивная и мультипликативная помеха?
6. Что такое «белый» шум, как выглядит его энергетический спектр и плотность распределения вероятности?

7. Что такое хаотическая импульсная помеха (ХИП) и как описываются её статистические характеристики?

## **Раздел 2. Каналы передачи информации.**

Тема 2.1. Классификация каналов и обобщённая структура радиоканала.

Тема 2.2. Операторы преобразований сигналов.

Тема 2.3. Непрерывный канал ПИ, алгоритм работы, оценка ошибок.

Тема 2.4. Дискретный канал ПИ, алгоритм работы, оценка ошибок.

*Методические указания к изучению раздела 2.*

Литература [9, с. 97-120; 3, с. 9-12; 8, с. 20-30].

Центральные вопросы раздела: признаки классификации каналов ПИ; показатели качества оценки непрерывных и дискретных каналов; математические модели непрерывных и дискретных каналов и их структура; основные операторы преобразований сигналов в блоках каналов.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Укажите признаки классификации каналов.
2. Укажите основные операторы преобразований в каналах ПИ.
3. Как оцениваются ошибки в непрерывных каналах?
4. То же – в дискретных каналах.
5. Поясните алгоритм работы непрерывного канала ПИ.
6. То же – для дискретного канала.
7. Что такое инерционный канал?

## **Раздел 3. Модуляция как процесс управления информационными параметрами сигналов**

Тема 3.1. Виды модуляций.

Тема 3.2. Формирование АМ-сигнала, его характеристики и параметры.

Тема 3.3. Формирование ЧМ- и ФМ-сигналов, их характеристики и параметры.

Тема 3.4. Формирование однополосного сигнала

Тема 3.5. АИМ, ВИМ, ШИМ, ФИМ модуляции, спектр АИМ-сигнала.

Тема 3.6. Манипуляции: АМн, ЧМн, ФМн, спектр сигнала с АМн.

*Методические указания к изучению раздела 3.*

Литература [9, с. 7-9, 75-91; 3, с. 12-20; 8, с. 31-48].

Центральные вопросы раздела: временные и спектральные модели модулированных сигналов, их характеристики и параметры; структурные схемы формирования модулированных сигналов; АИМ- и АМн-сигналы, форма их спектров; спектр однополосного сигнала.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Изобразите схемы формирования АМ-, ЧМ-, ФМ-, ОМ-сигналов и поясните их работу.

2. Изобразите формы спектров сигналов.
3. Как определяется ширина спектров сигналов?
4. Как определяется степень (глубина) модуляции в сигналах?
5. Перечислите основные показатели процессов модуляции.
6. В чём состоит связь между сигналами с ЧМ и ФМ?
7. Содержит ли спектр сигнала АИМ спектр модулирующего сигнала?
8. То же – для случая с АМн.

#### **Раздел 4. Элементы теории информации.**

Тема 4.1. Меры количества информации.

Тема 4.2. Взаимная информация.

Тема 4.3. Двоичный канал передачи информации.

Тема 4.4. Производительность источников и пропускная способность каналов ПИ.

*Методические указания к изучению раздела 4.*

Литература [9, с. 23-35, 120-129, 140-144; 8, с. 48-58; 3, с. 20-26].

Центральные вопросы раздела: энтропия источника сообщений; условная энтропия; пропускная способность канала; скорость передачи информации; теоремы о согласовании источников с каналами.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Что такое энтропия?
2. Какими свойствами обладает энтропия источника?
3. В чем отличие условной энтропии от безусловной?
4. Когда энтропию определяют в битах?
5. Когда энтропия максимальна?
6. Какова взаимосвязь пропускной способности и производительности источника?
7. Запишите выражение для скорости передачи информации.

#### **Раздел 5. Основы теории кодирования.**

Тема 5.1. Основные показатели кодирования.

Тема 5.2. Блочные, цепные, линейные коды.

Тема 5.3. Методы обнаружения и исправления ошибок.

Тема 5.4. Виды цифровой модуляции.

*Методические указания к изучению раздела 5.*

Литература [9, с. 26-29, 155-156, 160-164; 8 с. 59-73; 3, с. 26-32].

Центральные вопросы раздела: понятие помехоустойчивости; критерии верности передачи; коды, обнаруживающие и исправляющие ошибки; блочное и цепное кодирование; линейные коды; импульсно-кодовая и дельта-модуляция.

*Вопросы для самопроверки:*

1. В чем отличие помехоустойчивого кодирования от эффективного?

2. Перечислите критерии верности передачи.
3. В чем отличие относительного кода от дельта-кодов?
4. В чем сущность размножения ошибок?
5. В чем состоит процедура исправления ошибок?
6. Поясните принципы составления блочного, цепного, линейного кодов.

## **Раздел 6. Способы разделения каналов в линиях связи.**

Тема 6.1. Способы разделения каналов в линиях связи.

*Методические указания к изучению раздела 6.*

Литература [9, с. 252-265; 8, с. 73-76; 3, с. 32-35].

Центральные вопросы раздела: понятие линейной независимости канальных сигналов; основные методы разделения каналов: частотный, временной, фазовый, кодовый; пропускная способность многоканальных линий связи.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Что является необходимым условием делимости сигналов?
2. Нарисуйте структурные схемы: временного, частотного, фазового разделения каналов.
3. Какие полосы частот занимают линии связи с временным, частотным и фазовым разделением?
4. Поясните сущность кодового способа разделения каналов.

## **Раздел 7. Классификация устройств формирования и передачи сигналов.**

Тема 7.1. Передатчики с непрерывным излучением.

Тема 7.2. Импульсные передатчики.

*Методические указания к изучению раздела 7.*

Литература [1, с. 5-9; 8, с. 77-80; 3, с. 35-38].

Центральные вопросы раздела: классификация радиопередатчиков; структурные схемы радиопередающих устройств; требования, предъявляемые к современным радиопередающим устройствам.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Укажите признаки классификации радиопередатчиков.
2. Изобразите структурные схемы радиопередатчиков при передаче: непрерывных сигналов, импульсных сигналов.
3. Перечислите основные показатели радиопередатчиков.

## **Раздел 8. Возбуждение колебаний в радиопередатчиках.**

Тема 8.1. Структура и параметры возбудителей.

Тема 8.2. Автогенераторы и стабилизация частот.

Тема 8.3. Синтезаторы частот возбудителей.

*Методические указания к изучению раздела 8.*

Литература [8, с. 81-101; 1, с. 170-182, 192-203; 4, с. 3-9].

Центральные вопросы раздела: баланс фаз и амплитуд в автогенераторах; обобщенная трехточечная схема; одноконтурные и двухконтурные автогенераторы; дестабилизирующие факторы и борьба с ними; схемные решения автогенераторов: построение датчика опорных частот в СЧ; СЧ с активной и пассивной фильтрацией; декадный синтезатор; цифровые синтезаторы частоты.

*Вопросы для самопроверки*

1. Объясните сущность условия баланса фаз и амплитуд.
2. Что такое фиксирующая способность и эталонность в автогенераторах?
3. Почему кварцевый резонатор обладает высокой стабильностью?
4. Каковы типовые схемные решения кварцевых автогенераторов?
5. Что такое и какова роль ДОЧ?
6. Что такое шаг дискретизации синтезатора частоты?
7. Какова роль ФАПЧ в синтезаторах?
8. Какие типы цифровых синтезаторов частоты имеют применение?

### **Раздел 9. Высокочастотный тракт радиопередатчиков.**

Тема 9.1. Схемы и электронные режимы ГВВ.

Тема 9.2. Промежуточные каскады передатчиков.

Тема 9.3. Системы сложения мощностей.

*Методические указания к изучению раздела 9.*

Литература [8, с. 102-132; 1, с. 10-40, 45-50, 65-81, 150-162, 93-101, 112-144; 4, с. 9-15].

Центральные вопросы раздела: понятие о напряженности работы ГВВ; выбор угла отсечки; вывод и анализ уравнения для тока в ГВВ; схемы сложения мощностей; нагрузочные характеристики ГВВ; методы умножения частоты.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Чем отличаются режимы работы лампового и транзисторного ГВВ?
2. Каким образом можно изменить напряженность работы ГВВ?
3. Что такое коэффициенты разложения Берга?
4. В чем достоинство мостового способа сложения мощностей?
5. Когда применяют ГВВ по схеме с общим катодом, общей сеткой?
6. Постройте схемы ГВВ на транзисторе с последовательным и параллельным питанием цепи коллектора.
7. Какие виды умножителей частоты применяются в радиопередатчиках?
8. В чем смысл различных типов согласующих фильтров?
9. В чем смысл применения многозвенных фильтров?

### **Раздел 10. Устройства формирования радиосигналов.**

Тема 10.1. Схемы формирования сигналов с АМ.

Тема 10.2. Схемы формирования сигналов с ЧМ и ФМ.

Тема 10.3. Схемы формирования манипулированных сигналов.

Тема 10.4. Особенности построения передатчиков с ОМ.

Тема 10.5. Импульсные модуляторы с частичным и полным разрядом накопителей.

Тема 10.6. Магнитные импульсные модуляторы.

*Методические указания к изучению раздела 10.*

Литература [8, с. 199-240; 1, с. 223-282, 306-343, 404-409; 4, с. 15-26].

Центральные вопросы раздела: схемы АМ; энергетические показатели АМ; прямой и косвенный методы получения ЧМ; схемы получения ФМ-сигнала; фильтровый и фазокомпенсационный методы получения ОМ-сигнала; особенности тракта усиления ОМ-колебаний; импульсные модуляторы с полным и частичным разрядом накопителя; магнитный ИМ; амплитудная, частотная и фазовая манипуляция в передатчиках.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Перечислите основные достоинства и недостатки способов АМ.
2. Что такое модуляционная характеристика?
3. Почему АМ осуществляется в выходных каскадах?
4. Каковы преимущества комбинированной АМ?
5. Нарисуйте схемы прямого и косвенного способов получения ЧМ.
6. Как получают ФМ-сигнал, используя колебательный контур?
7. Можно ли сформировать однополосный радиосигнал из АМ-сигнала?
8. В каких случаях применяются импульсные модуляторы с полным и частичным разрядом накопителя?
9. В чем преимущество магнитных ИМ?

## **Раздел 11. Генераторы и автогенераторы в диапазонах СВЧ.**

Тема 11.1. Вакуумные приборы СВЧ (МКЛ, пролётный клистрон, магнетрон, ЛБВ, ЛОВ).

Тема 11.2. Генераторы СВЧ на полупроводниковых приборах.

*Методические указания к изучению раздела 11.*

Литература [8, с. 138-198; 4, с. 26-39].

Центральные вопросы раздела: принцип работы и характеристики пролетного, отражательного клистрона; генераторы СВЧ на магнетроне, их характеристики; принципы работы ЛОВ и ЛБВ; генераторы СВЧ на лавинно-пролетных диодах и диодах ГАННА; принцип работы квантового генератора; особенности работы, конструкции и схем ламповых автогенераторов СВЧ.

*Вопросы для самопроверки:*

1. В чем заключается и как осуществляется группировка электронов в клистронах?
2. Каковы режимы работы магнетрона?

3. Что такое магнетронный эффект?
4. Что понимается под термином «обратная волна»?
5. Как пользоваться рабочими и нагрузочными характеристиками магнетрона?
6. В чем отличие в работе диода ГАННА и ЛПД?
7. Поясните принцип работы лазера, как квантового генератора.
8. Что такое колебания типа  $\pi$  в магнетроне?
9. Поясните принцип взаимодействия пучка электронов с ЭМВ.

## **Раздел 12. Особенности процессов эксплуатации передатчиков.**

Тема 12.1. Особенности процессов эксплуатации передатчиков, показатели надёжности.

*Методические указания к изучению раздела 12.*

Литература [1, с. 102-112, 162-180, 203-205, 214-223, 409-426].

Центральные вопросы раздела: способы измерения параметров в каскадах радиопередатчиков; цепи управления режимами работ; основы надёжности и безопасности эксплуатации передатчиков.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Каковы правила включения измерительных приборов в каскадах передатчиков?
2. Причины осуществления резервирования.
3. Какие элементы передатчиков являются наиболее надёжными?
4. В чем необходимость встроенного контроля?
5. Приведите основные определения характеристик и параметров надёжности.

## **9. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ**

- Лекция 1. Установочная лекция – 3 курс.
- Лекция 2. Обзорная лекция по разделам 1 и 2.
- Лекция 3. Обзорная лекция по разделу 3.
- Лекция 4. Обзорная лекция по разделам 4, 5, 6.
- Лекция 5. Обзорная лекция по разделам 7 и 8.
- Лекция 6. Обзорная лекция по разделам 9 и 10.
- Лекция 7. Обзорная лекция по разделам 11 и 12.

## **10. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

Лабораторная работа №1. «Исследование спектров модулированных колебаний», (базовый раздел – 3).

Лабораторная работа №2. «Исследование генераторов с внешним возбуждением», (базовый раздел – 9).

Лабораторная работа №3. «Исследование влияния внешних факторов на стабильность частоты автогенераторов» (базовый раздел – 8).

Лабораторная работа №4. «Исследование АМ», (базовый раздел – 10).

Лабораторная работа №5. «Исследование ЧМ», (базовый раздел – 10).

## **11. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Курсовой проект по дисциплине имеет цель закрепление и углубление знаний по курсу, и применение их для решения инженерных задач. Курсовой проект имеет два основных направления проектирования передатчиков: передатчики с непрерывным сигналом, передатчики с импульсным сигналом.

Содержание, темы, варианты заданий, порядок выбора варианта и подробные методические материалы для проектирования приведены в учебно-методических пособиях [5; 6], основным учебником является [2].

Первое направление относится к связным, радионавигационным передатчикам, второе – к радиолокационным и радионавигационным. Базовыми для выполнения КП являются темы 3, 7-12. Общий объем КП составляет 20-30 страниц пояснительной записки и 1 лист формата А1 или А2 графического материала, содержащего полную принципиальную схему передатчика. При оформлении КП следует строго выполнять требования ГОСТ 2.105-79, 2.106-68, 2.702-75, 2.109-73, 2.104-68, 2.729-74, 2.730-73, 2.731-81 и т.д.

В процессе проектирования потребуются также пользование справочной литературой по электронным приборам (лампам, газополным приборам, транзисторам, диодам, приборам СВЧ, магнетронам, клистроном), справочной литературой по резисторам, конденсаторам, конденсаторам, которая имеет общедоступный характер.

Время, отводимое на самостоятельную работу по проектированию, составляет 30 часов.

## **12. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

Контрольная работа содержит два задания: расчёт спектров сигналов с различными видами модуляции и расчёт электронного режима ГВВ (первый вид задания); расчёт информационных параметров сигналов с заданными законами распределения вероятностей и расчёт импульсного модулятора (второй вид задания). Порядок выбора вариантов заданий, методические материалы к выполнению расчётов подробно изложены в учебно-методическом пособии [5]. Для выполнения расчётов схем ГВВ и импульсных модуляторов рекомендуется пользоваться материалами методички [6]. Базовыми разделами дисциплины служат разделы 1, 3, 4, 9, 10.

Время, отводимое на самостоятельную работу по выполнению контрольной работы, составляет 5-6 часов.