



Выпускная квалификационная работа:

**«Разработка системы контроля  
приемо-передающей аппаратуры  
метеорадиолокационного комплекса»**

Выполнил: студент группы АДМ-17-02  
А.В. Строков

2019г.

# Цели и задачи

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка системы контроля приемо-передающей аппаратуры.

Были поставлены следующие задачи:

1. Изучение работы метеорадиолокационного комплекса;
2. Изучение назначения, технических характеристик и состава приемо-передающей аппаратуры метеорадиолокационного комплекса;
3. Изучение методов измерения коэффициента шума и выходной импульсной мощности;
4. Проведение практического эксперимента по измерению коэффициента шума и выходной импульсной мощности.

# Назначение и технические характеристики метеорадиолокационного комплекса

Доплеровский метеорадиолокационный комплекс служит для обеспечения метеорологической информацией прогностических и гидрологических органов Росгидромета, метеорологических служб аэродромов гражданской авиации и Министерства обороны, а также других потребителей радиолокационной метеорологической информации.

Основные технические характеристики:

- Частотный диапазон, МГц 5610-5640;
- Ширина луча ДН антенны ДМРЛ по азимуту и по углу места, град  $1,00 \pm 0,05$ ;
- Коэффициент усиления антенны ДМРЛ в секторе сканирования, дБ 45;
- Суммарные потери в волноводном тракте на прием-передачу, дБ 3,00;
- Импульсная мощность передающего устройства на выходе фланца клистрона, кВт 15;
- Коэффициент шума приемного устройства, дБ, не более 3,5;
- Динамический диапазон приемного устройства, дБ 100;
- Коэффициент подавления ПП, дБ, не менее 50;
- Зона обзора, дальность / высота, км 250/20;
- Потребляемая мощность с системой жизнеобеспечения, кВт 10.



# Структурная схема метеорадиолокатора



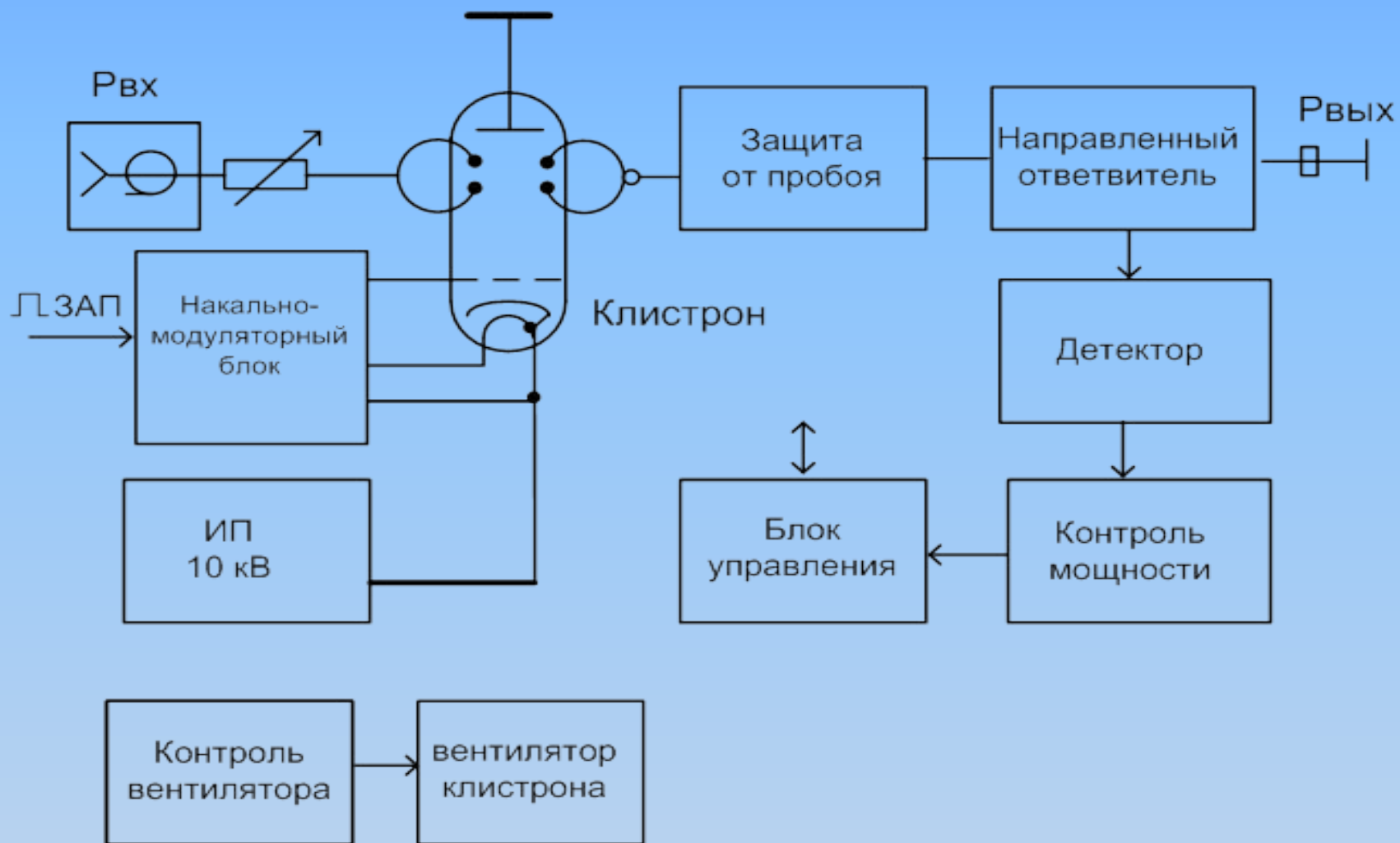
# Передающее устройство

Передающее устройство предназначено для усиления импульсных СВЧ сигналов на рабочих частотах до заданного уровня мощности.

Передающее устройство имеет следующие технические характеристики:

- диапазон рабочих частот, МГц 5610-5640;
- входная импульсная мощность, мВт, не более 50;
- выходная импульсная мощность, кВт, не менее 15;
- минимальная скважность, не менее 20;
- длительность зондирующего импульса, мкс 1,0 – 100,0.

# Структурная схема шкафа передатчика



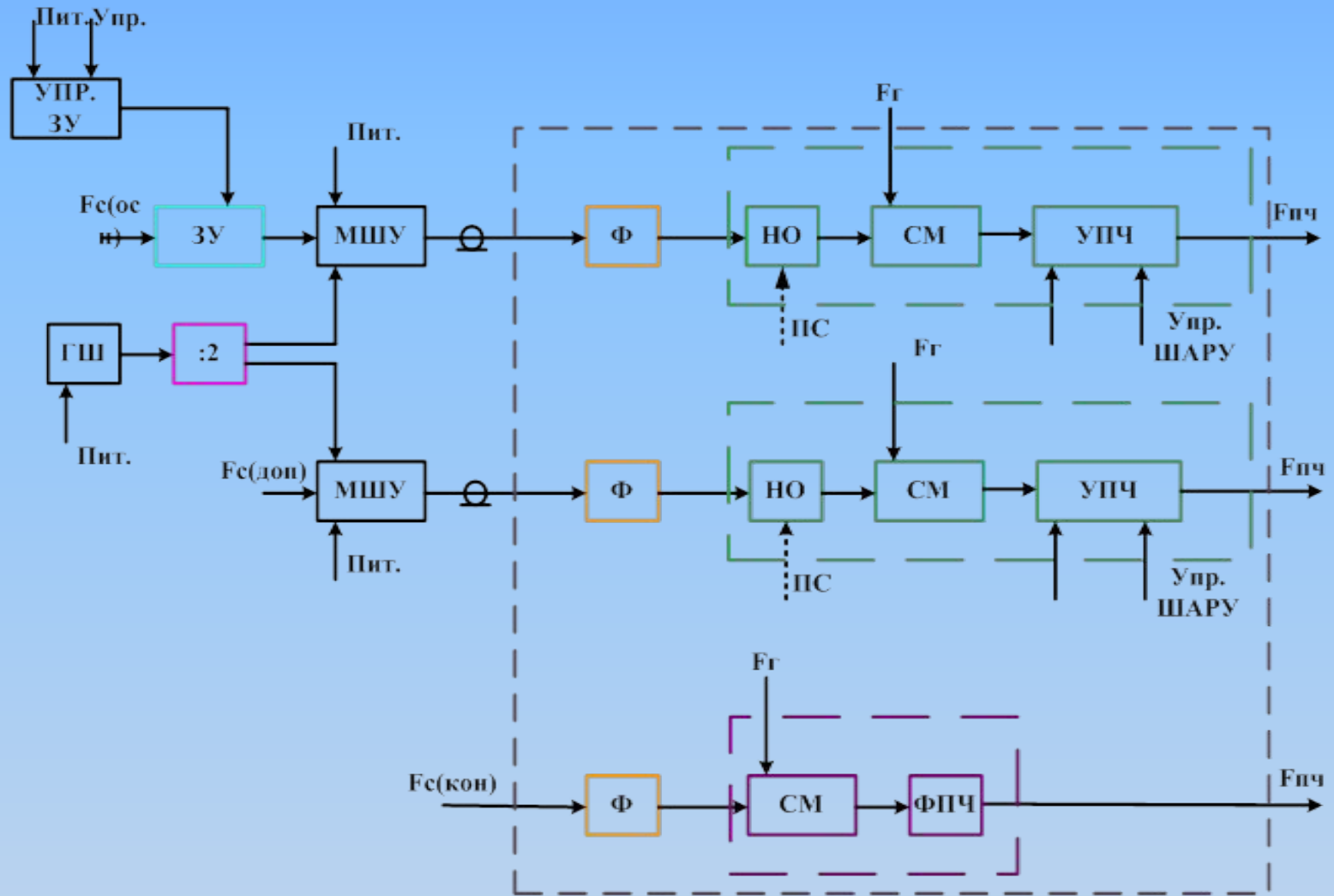
# Приемное устройство

Приемное устройство предназначено для приема отраженных от целей эхо-сигналов, их усиления, фильтрации и преобразования эхо-сигналов с высокой на промежуточную частоту.

Приемное устройство обладает следующими техническими характеристиками:

- диапазон принимаемых частот, МГц	5615-5635;
- коэффициент шума, дБ, не более	3,5;
- линейный динамический диапазон одного канала, дБ	60;
- полоса пропускания по уровню минус 3 дБ, МГц	$21 \pm 1$ ;
- уровень шума в полосе 20,0 МГц на выходе при $R_n = 50$ Ом, мкВ	500;
- максимальный сигнал на выходе при $R_n = 50$ Ом, В	0,5;
- частота гетеродина, МГц	5565;
- максимальный уровень мощности на входе, Вт	
- импульсной	2000;
- средней	100;
- максимальное затухание аттенюатора шумовой автоматической регулировки усиления (ШАРУ) при минимальном дискрете 0,5 дБ, дБ	15,5;
- контроль работоспособности, %	100.

# Структурная схема приемного устройства





# Методы определения коэффициента шума приемной аппаратуры

- 1. Метод Y-фактора** («метод двух температур») при помощи источника шума измеряется выходная мощность, соответствующая включенному и выключенному состояниям источника шума. Отношение этих двух мощностей называется Y-фактором.
- 2. Метод прямого измерения** («метод холодного источника») основывается на использовании согласованной нагрузки на входе устройства и независимого измерения коэффициента передачи устройства. Если коэффициент передачи исследуемого устройства точно известен, то можно рассчитать уровень шума, вносимого исследуемым устройством, путём вычитания из результата измерения значения усиленного шума на входе испытуемого устройства.
- 3. Метод генератора сигналов** (удвоения мощности) – для начала измеряется выходная мощность устройства, когда на его входе имеется нагрузка при температуре приблизительно 290 К. Затем подключается генератор сигналов с частотой в пределах полосы измерения. Мощность выходного сигнала генератора устанавливается такой, чтобы мощность на выходе устройства увеличилась.

# Измеритель коэффициента шума Agilent N8975A в комплекте с генератором шума Agilent N4002A

## Основные технические характеристики измерителя коэффициента шума Keysight (Agilent) N8975A:

- Диапазон частот, ГГц – от 1 до 26,5;
- Пределы допускаемой погрешности установки частоты в диапазоне частот от 1 ГГц до 3 ГГц, не более – 100;
- Диапазон измерений коэффициента шума, дБ – от 0 до 30;
- Пределы допускаемой погрешности измерений коэффициента шума, дБ, не более –  $\pm 0,5$ ;
- Пределы допускаемой погрешности установки частоты опорного источника ИКШ 10 МГц, Гц, не более –  $\pm 5$ .

## Основные технические характеристики генератор шума Keysight (Agilent) N4002A:

- Диапазон частот, ГГц от – 0,01 до 26,5;
- Пределы допускаемой абсолютной погрешности генерируемого уровня СПМШ в диапазоне частот от 0,01 до 1,5 ГГц, дБ –  $\pm 0,15$ .



# Результаты измерений коэффициента шума

№ п/п	ГП1	ГП2	ВП1	ВП2
1	1,78	1,50	1,35	1,34
2	1,80	1,55	1,47	1,38
3	1,75	1,49	1,39	1,20
4	1,83	1,59	1,33	1,29
5	1,86	1,46	1,42	1,26
$X_{\text{ср.ар.}}$	1,80	1,52	1,39	1,29

# Методы определения выходной импульсной мощности

1. **Тепловой** - измеряется тепловое действие СВЧ-мощности на чувствительном элементе.
2. **Детекторный** - СВЧ-сигнал выпрямляется для вывода напряжения постоянного тока, пропорционально амплитуде сигнала.
3. **С приемником** – с начала сигнал принимается схемой типа «тюнер», а затем измеряется его амплитуда.
4. **С выборкой СВЧ-сигнала** - СВЧ-сигнал обрабатывается как сигнал переменного тока АС в основной полосе частот и затем оцифровывается.

# Измеритель мощности Keysight (Agilent) N1912A и преобразователь мощности N1921A

## Основные технические характеристики измерителя мощности Agilent N1912A:

Диапазон частот – от 50 МГц до 40 ГГц;

Динамический диапазон измеряемых значений мощности сигнала:

- в диапазоне частот от 50 до 500 МГц – от  $10^{-6}$  до 0,1 Вт;

- в диапазоне частот выше 500 МГц – от  $3 \cdot 10^{-6}$  до 0,1 Вт;

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения мощности:

- в диапазоне частот от 50 МГц до 18 ГГц –  $\pm 5\%$ ;

- в диапазоне частот от 18 до 40 ГГц –  $\pm 6\%$ .

Длительность импульсов не более – 50 нс;

Максимальная частота повторения импульсов – 10 МГц;

Максимальная частота повторения выборок 100 МГц;

Выходная мощность встроенного калибратора 1 мВт, частота 50 МГц.

## Основные технические характеристики преобразователя

Диапазон частот – от 50 МГц до 18 ГГц;

Динамический диапазон:

- от -35 до +20 дБм (> 500 МГц);

- от -30 до +20 дБм (от 50 до 500 МГц).



# Результаты измерений выходной импульсной мощности

№ п/п	ГП1	ГП2	ВП1	ВП2
1	17,11	16,81	16,91	16,69
2	17,13	16,86	16,94	16,66
3	17,08	16,84	16,97	16,63
4	17,10	16,88	16,99	16,64
5	17,07	16,85	16,96	16,60
$X_{\text{ср.ар.}}$	17,10	16,85	16,95	16,64

## Вывод:

1. Рассмотрено назначение, технические характеристики, состав и структура метеорадиолокационного комплекса.
2. Представлены особенности конструкции составных частей, расчет параметров и характеристик приемо-передающей аппаратуры и технические решения, дающие представление о принципах построения.
3. Проведен анализ существующих методов определения коэффициента шума и импульсной мощности. Выбраны методы и средства измерения, которые предпочтительно использовать в системе контроля приемо-передающей аппаратуры.
4. Проведен измерительный эксперимент по определению коэффициента шума и импульсной мощности, результаты которого подтвердили корректность полученных от системы контроля данных.

**Благодарю Вас за внимание!**