

## Экспериментальное исследование пеленгационного приемника сантиметрового диапазона

*А.В. Андрианов<sup>1</sup>, А.А. Бабаев<sup>1</sup>, А.Н. Зикий<sup>2</sup>, А.И. Пустовалов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *АО «Таганрогский научно-исследовательский институт связи», Таганрог*

<sup>2</sup> *Южный федеральный университет, Таганрог*

**Аннотация:** Разработана конструкторская документация, изготовлен макет и проведено экспериментальное исследование пеленгационного приемника. Приведены функциональная схема и описание конструкции. Дана методика эксперимента. Показано достижение следующих параметров: диапазон рабочих частот - сантиметровый; динамический диапазон сигналов на входе не менее 48 дБ; длительность принимаемых радиоимпульсов не менее 0,1 мкс; неравномерность амплитудно-частотной характеристики не более 5 дБ.

**Ключевые слова:** приемник пеленгования, логарифмический приемник, амплитудно-частотная характеристика, амплитудная характеристика, динамический диапазон.

Приёмники пеленгования являются важным техническим средством получения информации об угловом положении цели в радиолокации, радионавигации и радиоэлектронной борьбе. Проектированию и описанию таких приёмников посвящён ряд монографий [1-3] и учебных пособий [4]. В статье [5] проведено экспериментальное исследование пеленгационного приемника дециметрового диапазона, а в статье [6] – миллиметрового диапазона. Статья [7] показывает достижения зарубежной техники в очень сжатом формате, а статья [8] – наши достижения десятилетней давности. В статье [9] более общие вопросы построения пеленгационных систем. Несмотря на обилие опубликованных работ по этой тематике, повышение требований к приёмникам, появление новой элементной базы заставляет разработчиков приёмников искать новые схемотехнические и конструктивно-технологические решения.

Целью данной работы является создание нового приёмника пеленгования с высокими электрическими параметрами, при малых габаритах, массе и энергопотреблении. Этот результат может быть достигнут только широким использованием отечественных и зарубежных монолитных интегральных схем СВЧ.

---

К приёмнику предъявляются следующие требования:

- диапазон рабочих частот - сантиметровый;
- тангенциальная чувствительность не хуже минус 95 дБ/Вт;
- динамический диапазон входных сигналов при монотонной амплитудной характеристике не менее 46 дБ;
- длительность принимаемых импульсов - 0,1-100 мкс;
- минимальные масса и габариты;
- предусмотреть возможность контроля работоспособности от внешнего генератора контрольных сигналов;
- предусмотреть дополнительный выход из точки соединения малошумящего усилителя и детектора;
- приёмник должен быть двухканальным.

#### Схема и конструкция

На рис. 1 приведена функциональная схема двухканального приёмника, разработанного в соответствии с заданными требованиями. Приёмник состоит из двух двухканальных переключателей А1 и А3, трактовых фильтров А4 и А6, управляемых аттенюаторов А7, А8, малошумящих усилителей А9-А12, направленных ответвителей А13, А14, детекторов А15 и А16, логарифмических видеоусилителей А17 и А18.

Переключатели А1, А3 и аттенюаторы А7, А8 выполнены на рпн-диодах типа 2А553А-3. Фильтры А4 и А6 выполнены на микрополосковых линиях по схеме шлейфового фильтра. В качестве малошумящих усилителей использованы микросхемы АММР-5620. Детекторы выполнены на диодах с барьером Шотки типа 2А131А-3. Логарифмические видеоусилители А17, А18 выполнены на микросхемах типа AD8309.

На плате управления установлены три микросхемы типа MADRC0005 и одна микросхема стабилизатора напряжения 142ЕН6А с выходным напряжением  $\pm 5$  В.

Конструктивно приёмник выполнен в виде модуля врубной конструкции размером 170×200×40 мм. При этом на передней панели блока размещены три входных соединителя СВЧ и два выходных соединителя СВЧ, выходы "видео", а также низкочастотный соединитель для подачи питания и управления. На задней стенке блока установлены два штыря для фиксации положения блока в кассете.

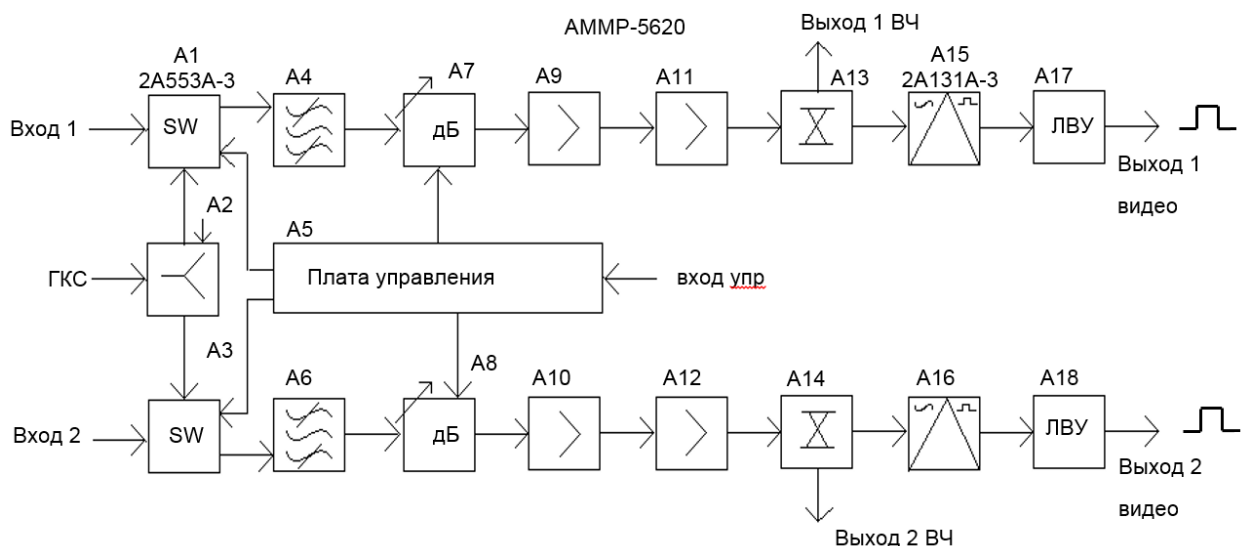


Рис. 1. – Функциональная схема приёмника

### Эксперимент

Эксперимент проводился на установке, структурная схема которой приведена на рис. 2.

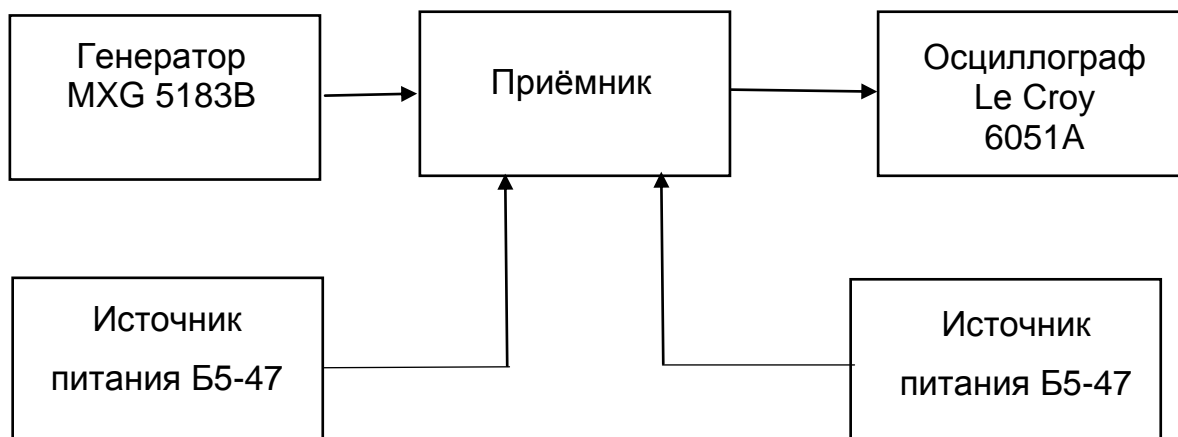


Рис. 2. – Структурная схема измерительной установки

В качестве источника сигнала служит генератор фирмы Keysight Technologies типа MXG-5183В. Индикатором выходного сигнала является осциллограф фирмы Le Croy типа 6051А. Питается приёмник от двух блоков питания типа Б5-47. Измерения проводились для длительности импульсов 10 мкс и периода повторения 100 мкс.

В первом эксперименте снималась амплитудно-частотная характеристика приёмника, при входной мощности минус 85 дБВт.

Результаты эксперимента заносились в таблицу 1. По данным таблицы 1 построен график на рис. 3. Из этого графика видно, что неравномерность АЧХ составляет:

$$\frac{U_{max} - U_{min}}{S} = \frac{236 \text{ мВ} - 160 \text{ мВ}}{16 \text{ мВ/дБ}} \approx 5 \text{ дБ}$$

Во втором эксперименте снималась амплитудная характеристика приёмника на центральной частоте с шагом 2 дБ. Результаты эксперимента заносились в таблицу 2. По данным таблицы 2 построен график на рис. 4. Из этого графика видно, что амплитудная характеристика приёмника монотонна в динамическом диапазоне 48 дБ.

Таблица № 1

АЧХ приемника

$f/f_0$	0,8	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89	0,9	0,92	0,93
$U_{\text{вых}}$ , мВ	203	195	210	236	220	210	234	236 max	217	196	217

$f/f_0$	0,94	0,96	0,97	0,98	1	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,08
$U_{\text{вых}}$ , мВ	223	200	206	217	195	193	201	187	174	180	170

$f/f_0$	1,09	1,1	1,12	1,13	1,14	1,16	1,17	1,18	1,2
$U_{\text{вых}}$ , мВ	178	182	185	181	170	180	170	160 min	172

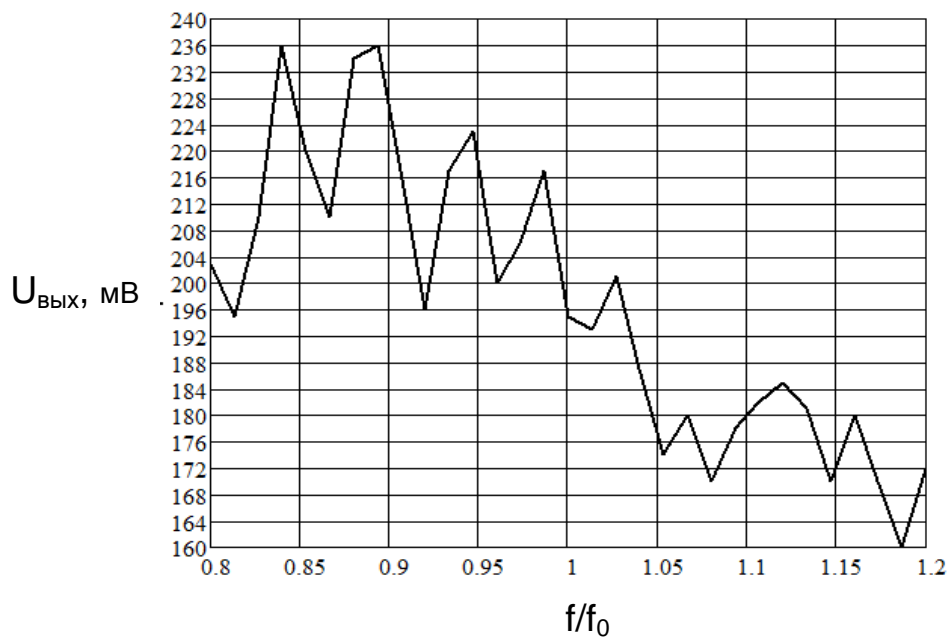


Рис. 3. – Амплитудно-частотная характеристика приёмника

Таблица № 2

Амплитудная характеристика приемника

$P_{вх}$ , дБ/Вт	-94	-92	-90	-88	-86	-84	-82	-80	-78
$U_{вых}$ , мВ	60	84	113	144	176	207	243	276	310

$P_{вх}$ , дБ/Вт	-76	-74	-72	-70	-68	-66	-64	-62	-60
$U_{вых}$ , мВ	345	384	418	449	477	502	524	552	576

$P_{вх}$ , дБ/Вт	-58	-56	-54	-52	-50	-48	-46	-44
$U_{вых}$ , мВ	599	624	646	669	691	708	722	667

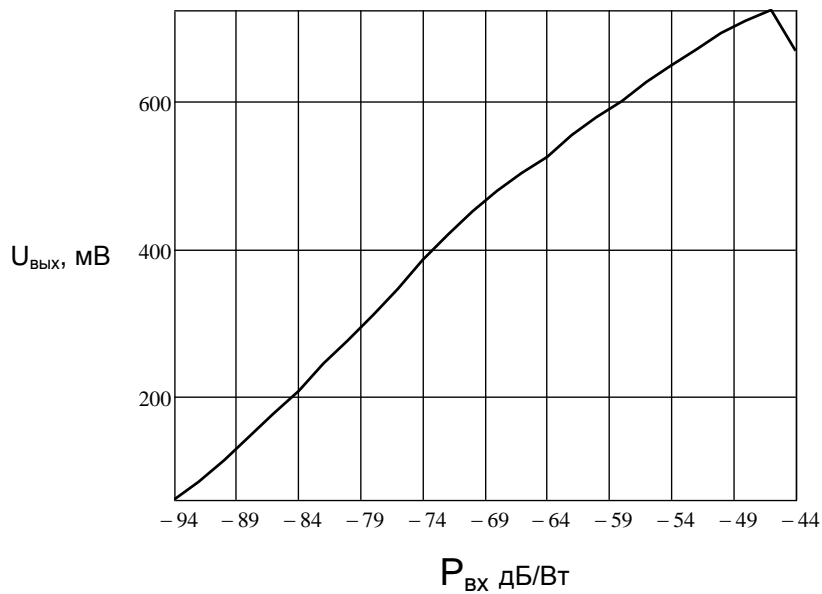


Рис. 4. – Амплитудная характеристика приемника

## Выводы

Ниже в таблице 3 проведено сопоставление заданных и достигнутых параметров приёмника.

Таблица № 3

### Основные параметры приёмника

Наименование параметра, размерность	Задано	Измерено
Диапазон рабочих частот	сантиметровый	сантиметровый
Тангенциальная чувствительность, дБВт	-95	-95
Динамический диапазон входных сигналов, дБ	46	48
Длительность входных импульсов, мкс	0,1-100	10
Минимальная скважность импульсов	2	10
Наличие входа контроля работоспособности от генератора контрольных сигналов	есть	есть
Наличие дополнительного выхода из точки соединения малошумящего усилителя и детектора	есть	есть
Число каналов	2	2
Масса, кг, не более	1,2	1,15
Габариты, мм	170*200*40	170*200*40

Из этой таблицы видно, что все предъявленные требования выполняются.

При выполнении данного исследования была использована работа [10].

## Литература

1. Tsui J.B.Y. Microwave Receivers with Electronic Warfare Application. Wiley-Interscience Publication, 1986. - 460 p.
2. Wiley R.G. Electronic Intelligence: The Interception of Radar Signals, Artech House, Inc, MA, 1985. - 284 pp.

3. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг. Задачи, методы, средства. 2-е издание - М. Горячая линия –Телеком, 2010. - 624 с.
4. Проектирование радиолокационных приёмных устройств. Учебное пособие. Под редакцией Соколова М.А. -М.: Высшая школа, 1984. -335 с.
5. Андрианов А.В., Губарев Д.Е., Зикий А.Н., Шакунов С.А. Экспериментальное исследование приёмника пеленгования. Всероссийская научная конференция "Проблемы современной системотехники". "Сборник научных статей". Вып. XIII. "Системотехника -2019", Таганрог, ЮФУ, с. 5-9.
6. Андрианов А.В., Губарев Д.Е., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Экспериментальное исследование приёмника прямого усиления. Радиотехника, 2020, №11(22), с. 50-54.
7. Olly Holt. A. Sampling of RWRS and ESM System. Journal of Electronic Defence, 2015, №6, p.39.
8. Пустовалов А.И. Двухканальное приемное устройство СВЧ диапазона. Инженерный вестник Дона, 2010, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195)
9. Безверхий В., Олейников А., Маргелов А., Сурженко И., Безверхий И. Современные средства для пассивного автоматического пеленгования и идентификации РЛС и их носителей. СТА, 2005, №2, с.62-66.
10. Асланов Г.К., Казибеков Р.Б., Мусамбов Р.Р., Мурзабеков М.М. Некоторые вопросы проверки точностных характеристик аэродромных автоматических радиопеленгаторов. Инженерный вестник Дона, 2020, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2020/6420](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2020/6420)



## References

1. Tsui J.B.Y. Microwave Receivers with Electronic Warfare Application. Wiley-Interscience Publication, 1986. 460 p.
  2. Wiley R.G. Electronic Intelligence: The Interception of Radar Signals, Artech House, Inc, MA, 1985. 284 pp.
  3. Rembovskij A.M., Ashihmin A.V., Koz'min V.A. Radiomonitoring. Zadachi, metody, sredstva. 2-e izdanie [Radio monitoring. Tasks, methods, and tools. 2nd edition]. M. Goryachaya liniya. Telekom, 2010. 624 p.
  4. Proektirovanie radiolokacionnyh priyomnyh ustrojstv. Uchebnoe posobie. [Design of radar receiving devices. Training manual]. Pod redakciej Sokolova M.A. M.: Vysshaya shkola, 1984. 335 p.
  5. Andrianov A.V., Gubarev D.E., Zikij A.N., SHakunov S.A. Vserossijskaya nauchnaya konferenciya "Problemy sovremennoj sistemotekhniki". "Sbornik nauchnyh statej". Vyp. XIII. "Sistemotekhnika -2019", Taganrog, YUFU, p. 5-9.
  6. Andrianov A.V., Gubarev D.E., Zikij A.N., Pustovalov A.I. Radiotekhnika, 2020, №11(22), p. 50-54.
  7. Olly Holt. A. Sampling of RWRS and ESM System. Journal of Electronic Defence, 2015, №6, r. 39.
  8. Pustovalov A.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2010, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195)
  9. Bezverhij V., Olejnikov A., Margelov A., Surzhenko I., Bezverhij I. STA, 2005, №2, p. 62-66.
  10. Aslanov G.K., Kazibekov R.B., Musambov R.R., Murzabekov M.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2020/6420](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2020/6420)
-