

УДК 654.9

## Основные направления деятельности ООО «ТПК Элсервис» в части противодействия беспилотным воздушным судам

Козачок Н. И.

ООО «ТПК Элсервис»

г. Москва, 125212, Кронштадтский бульвар, 5а, Российская Федерация  
TPC-Elservice@yandex.ru

Получено: 5 мая 2023 г.

Отрецензировано: 15 мая 2023 г.

Принято к публикации: 19 мая 2023 г.

**Аннотация:** В статье представлены основные направления деятельности ООО «ТПК Элсервис» в части расширения тактических и технических характеристик разработанных ранее малогабаритных средств радиотехнической разведки (РТР) и радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Приведено краткое описание автоматического поста РТР. Представлен автоматизированный комплекс для измерения характеристик логопериодических антенн. Приведены краткие характеристики радара X-диапазона — FMCW для решения задач обнаружения и траекторного сопровождения беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

**Ключевые слова:** радиотехническая разведка, радиоэлектронная борьба, малогабаритные средства, логопериодическая антенна, X-диапазон, беспилотные летательные аппараты.

**Для цитирования (ГОСТ 7.0.5—2008):** Козачок Н. И. Основные направления деятельности ООО «ТПК Элсервис» в части противодействия беспилотным воздушным судам // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2023. Т. 6, № 1. С. 35—43.

**Для цитирования (ГОСТ 7.0.100—2018):** Козачок, Н. И. Основные направления деятельности ООО «ТПК Элсервис» в части противодействия беспилотным воздушным судам / Н. И. Козачок // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. — 2023. — Т. 6, № 1. — С. 35—43.

### 1. Введение

Анализ локальных конфликтов в Сирийской Арабской Республике, Нагорном Карабахе и на Украине показал, что противоборствующие стороны активно применяют разведывательные и ударные БЛА.

Актуальными на сегодня являются следующие задачи по обеспечению безопасности административных и промышленных объектов, объектов критической инфраструктуры, баз хранения горюче-смазочных материалов, вооружения и военной техники (ВВТ), личного состава от разведывательных и ударных беспилотников, как в зоне проведения СВО, так и на территории РФ:

- своевременное обнаружение и траекторное сопровождение БЛА;
- измерение параметров сигналов в диапазоне частот от 400 до 8000 МГц, определение направления на пункты управления и БЛА;
- формирование прицельных по пространству и частоте помех в диапазоне частот от 400 до 6000 МГц;
- автоматизация процессов измерения параметров широкополосных кольцевых антенных решеток с целью сокращения времени изготовления комплекса РТР и РЭБ.

В настоящей статье приведены результаты реализации перечисленных выше задач — конструкторские решения и рабочие интерфейсы.

## 2. Результаты модернизации автономного малогабаритного комплекса РТР и РЭБ

Новыми возможностями модернизации являются последовательное обнаружение, анализ и измерение параметров обнаруженных сигналов, пеленгование источников радиосигналов (до 32-х источников), с последующей постановкой блокирующих помех, прицельных по частоте, направлению и структуре сигналов.

Расширение технических характеристик платформы РТР [1] состоит в создании новой кольцевой антенной решетки (АР), в которой расширен диапазон рабочих частот с 3000 МГц до 8000 МГц. Уточненный рабочий диапазон частот платформы РТР от 400 до 8000 МГц.

В платформе РЭБ [1] был расширен частотный диапазон формирования помехового сигнала с 3000 до 6000 МГц. Для реализации этой задачи был разработан оконечный широкополосный усилитель от 0,9 до 6000 МГц.

В комплексе РТР и РЭБ [1] при анализе сигналов строится частотно-временная матрица (ЧВМ) исследуемого сигнала. Алгоритм построения матрицы был доработан для определения (по ЧВМ) характеристик радарных сигналов, таких как *PRT* (длительность между импульсами излучения), *PRI* (интервал между пачками), определение количества импульсов пачки, время обзора радара и т. д.

В платформах РТР и РЭБ оптимизирована защита приемной и передающей кольцевых антенных решеток от пыли и метеоосадков (рис. 1).

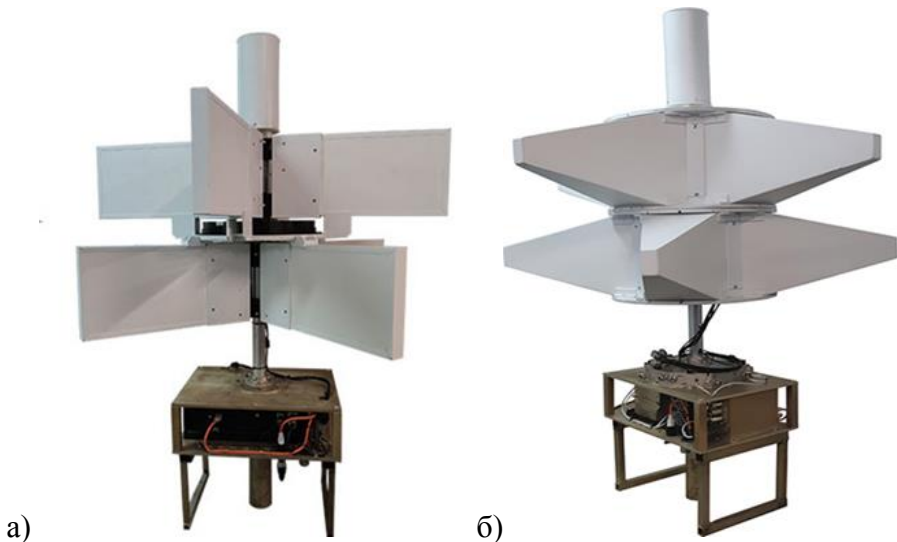


Рис. 1. Внешний вид автономного малогабаритного комплекса РТР и РЭБ:  
а) платформа радиотехнической разведки; б) платформа радиоэлектронной борьбы.

Fig. 1. Appearance of the autonomous small-sized radio reconnaissance and electronic warfare complex:

a) radio reconnaissance platform; б) electronic warfare platform

Для поста обнаружения разработана программа анализа для записанных сигналов  $I, Q$ . Она позволяет получить видеосигнал с выхода детекторов АМн, ЧМн анализируемого сигнала и оценить внутреннюю структуру сигнала. Например, если сигнал промодулирован кодом Баркера, то определить длину кода Баркера. Для случая, когда используется  $LFM$  сигнал, оценивается база  $B \times T LFM$  сигнала, а также наклон частотной характеристики указанного сигнала (положительный или отрицательный).

Программа также строит конstellации для сигналов  $BPSK, QPSK, QAM16$  с автоматическим определением символьной частоты, несущей и компенсацией неравномерности приемного тракта. Далее по построенной конstellации оператор может определить вид модуляции (рис. 2).

### 3. Автоматический пост обнаружения, анализа сигналов и определения направления на источник радиоизлучения

Модификация станции РТР (для решения задачи обнаружения БПЛА и обработки режима «Автомат»; режим «Автомат» — режим определения пеленга на источник (и) излучения, расчет их центральных частот

и определение ширины спектра сигналов источников излучения без участия оператора) осуществлялась путем замены антенной решетки на вращающуюся антенну и заменой панорамного приемника SNA-18 на конвертер сигналов 830—930 МГц, 1200—1300 МГц, 2400—2500 МГц, 5150—5250 МГц, 5725—5850 МГц в промежуточную частоту (ПЧ)  $2140 \pm 50$  МГц (указаны пять частотных участков, в которых работают БПЛА).

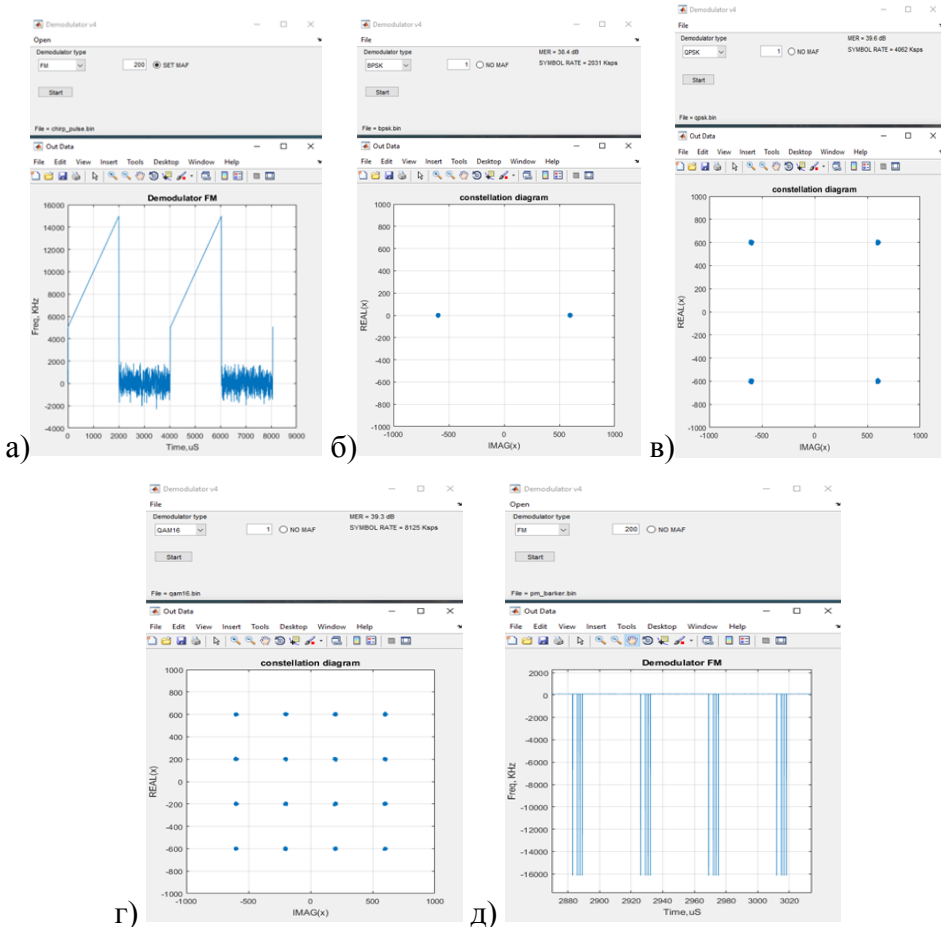


Рис. 2. Вид модуляции: а — ЛЧМ; б — BPSK; в — QPSK, г — 16-QAM; д — код Баркера.

Fig. 2. Type of modulation:

а – sweep-frequency modulation; б – BPSK; г – 16-QAM; д – Barker code

Плата обработки сигналов ПЧ, а, следовательно, и весь интерфейс обработки, были взяты без изменений из станции РТР [1]. Это позволило

получить модифицированную станцию РТР с небольшими затратами на её производство и небольшими габаритами (рис. 3). Соответственно снизилось время на развёртывание станции (тестирование режима «Автомат» осуществлялась по реальным сигналам БПЛА). Поворот антенны осуществляется по квадрантам ( $N, W, S, O$ ) в диапазоне  $0—360^\circ$  по азимуту.

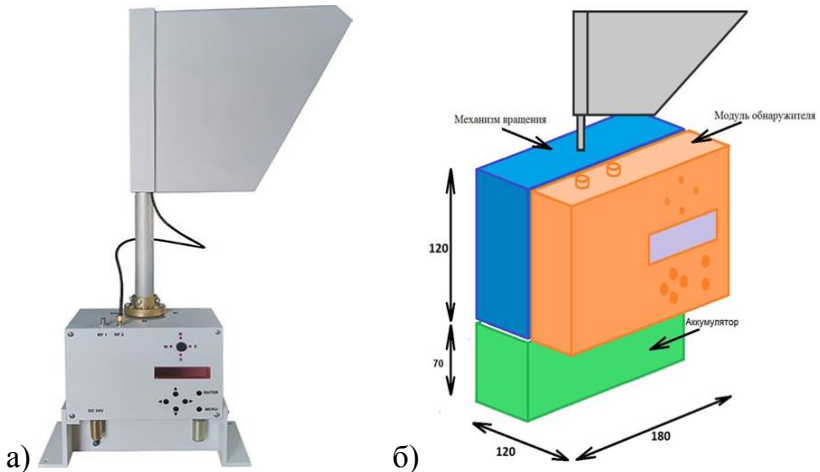


Рис. 3. Внешний вид автоматического поста обнаружения, анализа и определения направления на источник радиоиизлучения: а) действующий макетный образец; б) 3D-модель.  
Fig. 3. Appearance of the automatic post for detection, analysis and determination of the direction to the source of radio emission: а) a working prototype; б) 3D model

Режим «Автомат» работает следующим образом.

В каждом из четырёх направлений производится многократное сканирование спектра с запоминанием максимальных значений уровней спектральных составляющих — режим *hold max*. Это многократное сканирование осуществляется в каждом из пяти указанных участков частотного диапазона возможной работы БПЛА.

После полного поворота антенн (один поворот антенны осуществляется за 10 с) по каждому из пяти возможных частотных участков работы БПЛА строится результирующий спектр. В результирующем спектре отражаются только те бины и с того направления ( $N, W, S, O$ ), которые имеют максимальное значение. Например, для частотного диапазона 2400—2500 МГц, пусть это будут бины от  $i$  до  $i+N$ , имеющие максимальный уровень с направления  $N$ , а бины от  $j$  до  $j+K$  имели максимальное значение с направления  $W$ . В результирующем спектре частотного диапазона 2400—2500 МГц будут отражены бины от  $i$  до  $i+N$  (с дополнительной информа-

цией о том, что они «пришли» с направления  $N$ , и бины от  $j$  до  $j+K$  с информацией о том, что эти бины «пришли» с направления  $W$ ).

Обработка результирующих спектров в пяти частотных диапазонах позволяет определить центральные частоты, пеленг и ширину спектра сигнала источника излучения.

Внешний вид автоматического поста обнаружения, анализа и определения направления на источник радиоизлучения приведен на рис. 3. Время автономной работы от аккумуляторной батареи составляет около восьми часов. Вес поста не превышает 5 кг.

#### 4. Автоматизированный стенд для измерения характеристик логопериодических антенн

Для решения задачи сокращения времени изготовления кольцевых антенных решеток для комплекса РТР и РЭБ потребовалось автоматизировать процесс измерения диаграмм направленности (ДН) путём создания управляемой поворотной платформы, перестраиваемого генератора сигнала и измерительного приемника (рис. 4).

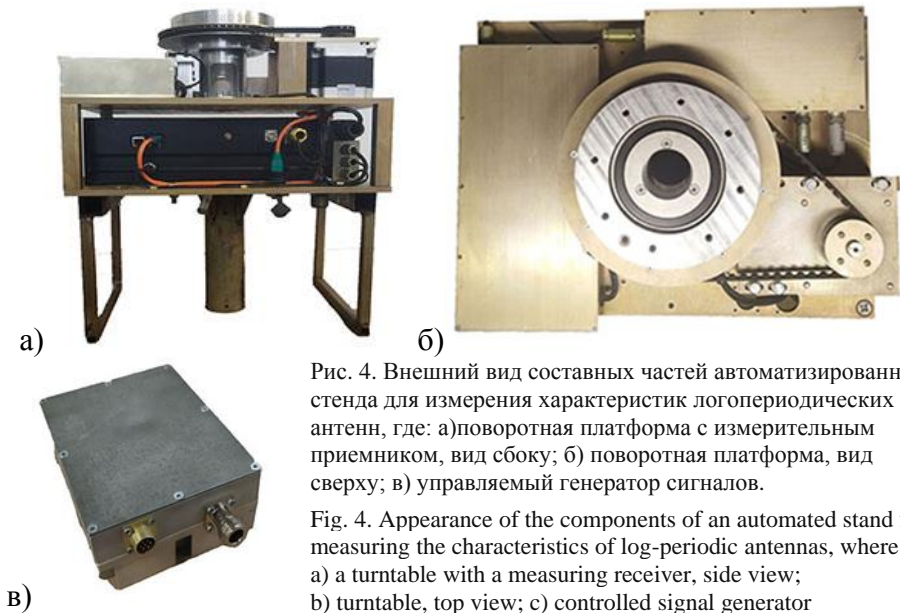


Рис. 4. Внешний вид составных частей автоматизированного стенда для измерения характеристик логопериодических антенн, где: а) поворотная платформа с измерительным приемником, вид сбоку; б) поворотная платформа, вид сверху; в) управляемый генератор сигналов.

Fig. 4. Appearance of the components of an automated stand for measuring the characteristics of log-periodic antennas, where: a) a turntable with a measuring receiver, side view; b) turntable, top view; c) controlled signal generator

Снятие ДН антенн осуществлялось без участия оператора. При таком подходе удалось довести время измерения ДН восьми антенн, входящих в кольцевую АР, до 20 минут. Измерения проводились в диапазоне частот от

0,9 до 8 ГГц с шагом по частоте 10 МГц. При этом шаг поворотной платформы составлял  $5^\circ$ . Поворот платформы производился по азимуту от 0 до  $360^\circ$ . Количество измерений составило 460 000 измерений.

Это позволило сократить в разы время проверки расчетных данных по антеннам, а также оптимизировать взаимное расположение антенн друг относительно друга с целью исключения их взаимного влияния.

## 5. Малогабаритный радар X-диапазона — FMCW

Радар предназначен для обнаружения воздушных, надводных и наземных целей, определения их координат и скорости перемещения в радиусе 10 км.

Внешний вид радара приведен на рис. 5, основные тактико-технические характеристики радара приведены в Таблице 1.



Рис. 5. Внешний вид радара FMCW.

Fig. 5. Appearance of the FMCW radar

Таблица 1. Основные тактико-технические характеристики

№ п/п	Наименование	Значение
1	Дальность обнаружения БВЦ с эффективной поверхностью рассеяния (ЭПР), км: 1,0 м <sup>2</sup> 0,1 м <sup>2</sup> 0,01 м <sup>2</sup>	6,0 3,0 1,7
2	Скорость обзора воздушного пространства по азимуту, обор./мин.	12,0
3	Сектор обзора воздушного пространства по азимуту, град.	0—360
4	Разрешение по азимуту, град.	2,0
5	Селекция движущихся цепей (СДЦ)	+
6	Пиковая мощность излучения, Вт	4,0—10,0
7	Вид излучения	непрерывное
8	Рабочий диапазон частот, МГц	9400—9440

№ п/п	Наименование	Значение
9	Вид излучаемого сигнала	<i>FMCW</i>
10	Коэффициенты усиления приемной и передающей антенн, дБ	26,0
11	Уровень боковых лепестков, дБ,	-30,0
12	Уровень подавления кроссполяризации дБ	-30,0
13	Чувствительность приемного устройства, дБ/Вт	-156,0

Для своевременного обнаружения и обеспечения траекторного сопровождения БЛА с целью определения направления его полета выполнена стыковка платформ РТР и РЭБ с радаром X-диапазона — *FMCW*. Конструктивно платформы РТР, РЭБ и радар выполнены на унифицированной платформе.

## 6. Заключение

В результате проведенной модернизации комплекса РТР и РЭБ [1] было достигнуто расширение частотного диапазона платформы РТР с 3000 МГц до 8000 МГц и платформы РЭБ — с 3000 до 6000 МГц. Усовершенствование обработки принимаемых сигналов позволило определять виды модуляции и параметры сигналов ЛЧМ, *BPSK*, *QPSK*, *16-QAM*, код Баркера и др., что может быть использовано для вскрытия протоколов управления БЛА и их перехвата, а также повышения эффективности подавления каналов управления.

Разработан упрощенный вариант исполнения платформы РТР.

Для сокращения сроков изготовления кольцевых антенных решеток для комплекса РТР и РЭБ был разработан автоматизированный стенд для измерения характеристик логопериодических антенн. Это позволило сократить время измерения ДН восьми логопериодических антенн, входящих в кольцевую АР, например, платформы РТР, до 20 минут.

Для своевременного обнаружения, обеспечения траекторного сопровождения БЛА с целью определения направления его полета и формирования прицельных помех в направлении на БЛА выполнена стыковка платформ РТР и РЭБ с радаром X-диапазона — *FMCW*.

## Список литературы

1. Водяных А. А., Бритков А. В., Горбанов Н. А. и др. Конструкторские решения и интерфейсы оборудования радиотехнической разведки, радиоэлектронного подавления и блокирования радиолиний связи и управления // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2020. Т. 3, № 1. С. 41—62.

## Информация об авторе

**Козачок Николай Иванович**, главный инженер, ООО «ТПК Элсервис», г. Москва, Российская Федерация.



# The Main Activities of TPK Elservice LLC in Countering Drones

N. I. Kozachok

*TPK Elservice LLC*

*Kronstadtsky proyezd, 5a, Moscow, 125212, Russian Federation*  
*TPC-Elservice@yandex.ru*

Received: May 5, 2023

Peer-reviewed: May 15, 2023

Accepted: May 19, 2023

**Abstract:** *The article presents the main activities of TPK Elservice LLC in terms of expanding the tactical and technical characteristics of the previously developed small-sized means of radio reconnaissance and electronic warfare. A brief description of the radio reconnaissance automatic post is given. An automated complex for measuring the characteristics of log-periodic antennas is presented. Brief characteristics of the X-band radar – FMCW for solving the problems of detection and trajectory tracking of drones are given.*

**Keywords:** *radio reconnaissance, electronic warfare, small-sized means, log-periodic antenna, X-band, drones.*

**For citation (IEEE):** N. I. Kozachok, “The Main Activities of TPK Elservice LLC in Countering Drones,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 6, no. 1, pp. 35–43, 2023, doi: 10.29039/2587-9936.2023.06.1.03. (In Russ.).

## References

- [1] A. A. Vodyanykh et al. “Design solutions and interfaces of radio intelligence equipment, radio-electronic suppression and blocking of radio communication links and control,” *Infocommunications and Radio Technologies*, 2020, vol. 3, no. 1, pp. 41–62.

## Information about the author

**Nikolay I. Kozachok**, Chief Engineer, TPK Elservice LLC, Moscow, Russian Federation.