

Средства обнаружения малых
беспилотных воздушных судов (БВС)
и противодействие им в системах охраны объектов

Общая структура комплекса противодействия БВС

Серия комплексов "Радескан-Антидрон" разработана на базе унифицированных модулей для различных вариантов комплектаций, работающих в секторах 90, 180 270 и 360 градусов по азимуту.

Конструкция формируется из блоков обнаружения, блоков радиочастотного подавления сигналов БВС, модулей видеонаблюдения, электропитания, коммутации, монтажных комплектов. В комплект мониторинга входит АРМ оператора на базе ПК или ноутбука.

Особенности комплекса:

- отсутствие механического сканирования луча антенны;
- обзор сектора 360 град. с частотой 5 Гц, что эквивалентно механическому вращению антенны 5 оборотов в секунду;
- программное обеспечение с опцией видеоаналитики для визуальной идентификации целей.

МОДУЛИ КОМПЛЕКСА «РАДЕСКАН-АНТИДРОН»

Umirs



РЛС «Радескан-Антидрон» с сектором обнаружения 360°

ОБНАРУЖЕНИЕ И ТРАЕКТОРНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ



РЛС «Радескан-Антидрон» с сектором обнаружения 270°



РЛС «Радескан-Антидрон» с сектором обнаружения 180°



РЛС «Радескан-Антидрон» с сектором обнаружения 90°



Тепловизор на поворотной платформе

ИДЕНТИФИКАЦИЯ



Видеокамера и тепловизор на поворотной платформе



Комплект видеонаблюдения



Программное обеспечение комплекса «Радескан-Антидрон»



Стационарный АРМ-оператора

МОНИТОРИНГ



Переносной АРМ-оператора



Всеполноценный переносной АРМ-оператора



Серверная стойка комплекса «МУРЕНА-К»



Тренога для переносного варианта комплекса

ВАРИАНТЫ УСТАНОВКИ



Монтажная площадка



Мачта с автономными источниками питания комплекса



Автокейс с автоматической пневматической мачтой



Кит-комплект с автоматической пневматической мачтой



Мачта с механическим или автоматическим подъемными приводами



Шкаф питания и коммутации стационарный

ПИТАНИЕ И КОММУТАЦИЯ



Кейс питания и коммутации автономный



Всенаправленный стационарный генератор шумовых помех

ПОДАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ И НАВИГАЦИИ



Мобильный всенаправленный генератор шумовых сигналов



Узконаправленный генератор шумовых сигналов сектором 30°

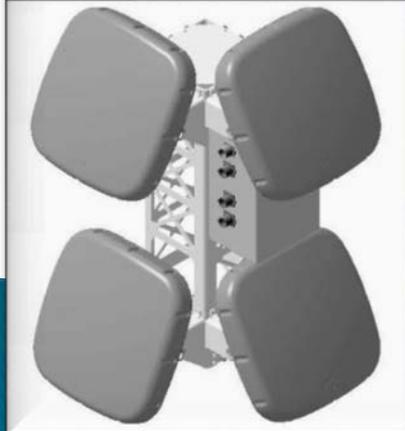


Радескан-РЭП с сектором 90° (радиоэлектронное противодействие)

Базовые конструкции комплекса серии «РАДЕСКАН»



Радиолокационная станция «Радескан» с сектором обнаружения **90°**, траекторным сопровождением цели и ГШС с сектором подавления сигналов управления и навигации **90°**



Радиолокационная станция «Радескан» с сектором обнаружения **180°**, траекторным сопровождением цели и ГШС с сектором подавления сигналов управления и навигации **180°**



Радиолокационная станция «Радескан» с сектором обнаружения **270°**, траекторным сопровождением цели и ГШС с сектором подавления сигналов управления и навигации **270°**



Радиолокационная станция «Радескан» с сектором обнаружения **360°**, траекторным сопровождением цели и ГШС с сектором подавления сигналов управления и навигации **360°**

Комплекты представлены без поворотной платформы, тепловизора или телекамеры

Конструкция комплекса «РАДЕСКАН» с блоками обнаружения частотой 2,4 ГГц, дополненная блоками обнаружения частотой 9 ГГц, а также тремя ярусами радиочастотных средств подавления сигналов БВС

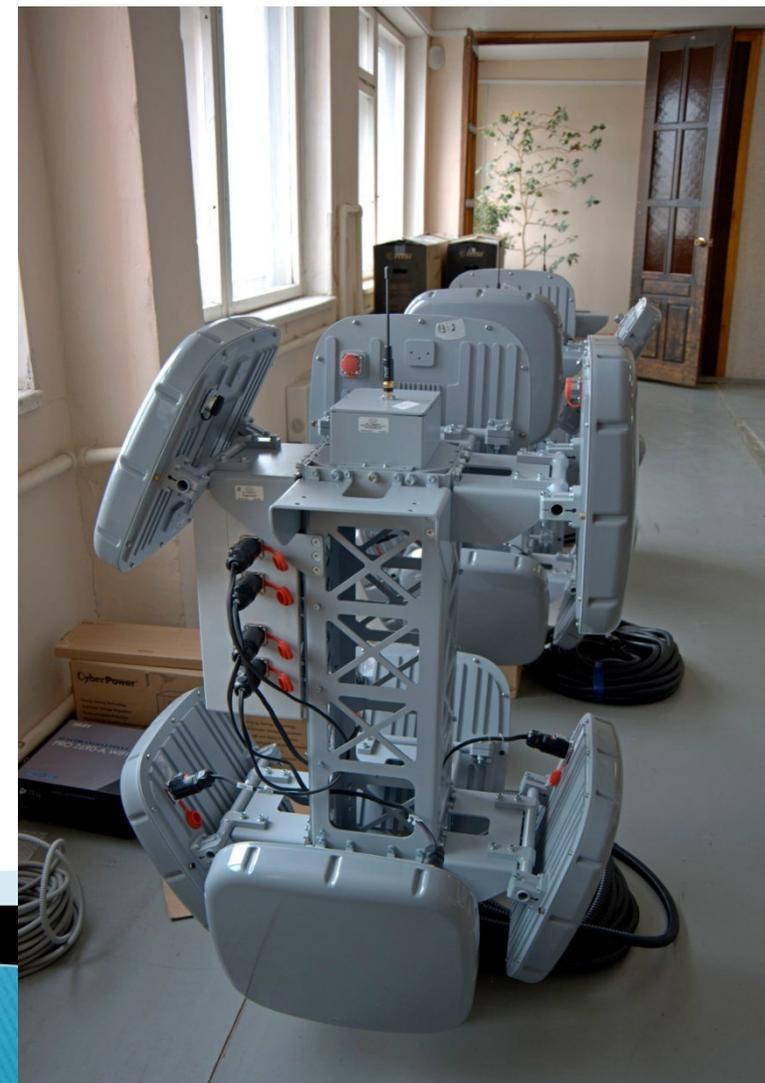
В настоящее время завершается постановка в серийное производство комплекта подавления нового поколения с улучшенными характеристиками. По сравнению с комплектами подавления, производимых ранее, добавлены два диапазона радиочастот, а также в четырех диапазонах добавлены антенны с ортогональной поляризацией для улучшения эффективности и увеличения дальности воздействия подавления.

В данной разработке учитывается опыт эксплуатации на объектах, на которых установлен комплекс КОРТ «РАДЕСКАН» для защиты от БВС. Также учтены особенности новых типов дронов, которые используются в противоправных действиях.

Подробную информацию о параметрах блоков подавления рассмотрим далее.



Примеры различных комплектов комплекса серии «РАДЕСКАН»



Комплекты с сектором работы 360 град.

Различные комплекты комплекса серии «РАДЕСКАН»



Комплекты с сектором работы 90 град.

В 2023 году разработан, испытан и запущен в серийное производство вариант изделия «РАДЕСКАН» с рабочим диапазоном частот 9 ГГц. Эта конструкция используется на объектах с сильной помехой в диапазоне 2,4 ГГц (WiFi и беспроводные сети)

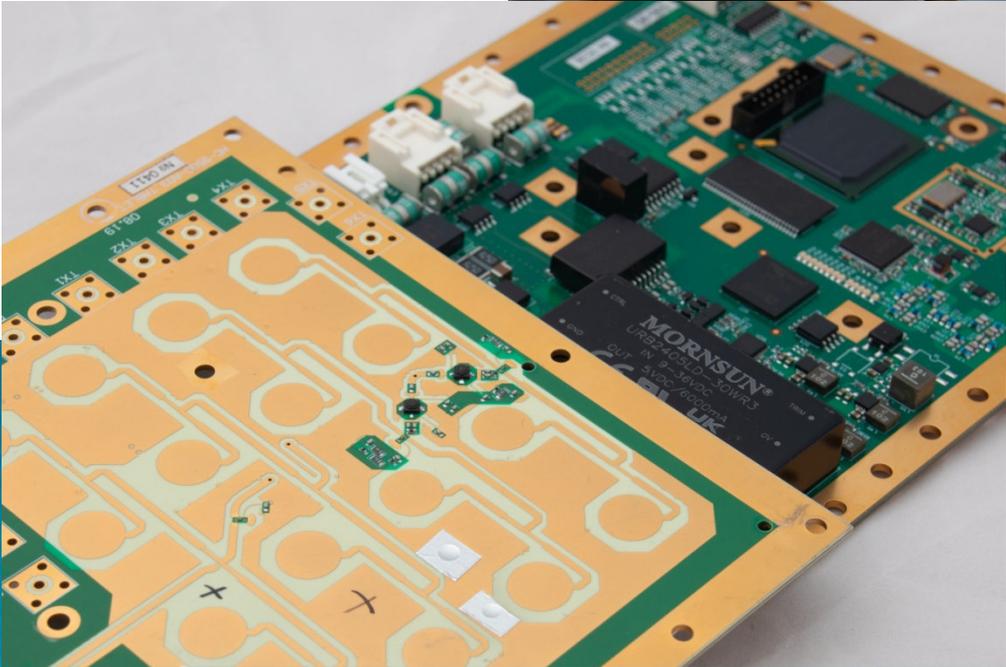
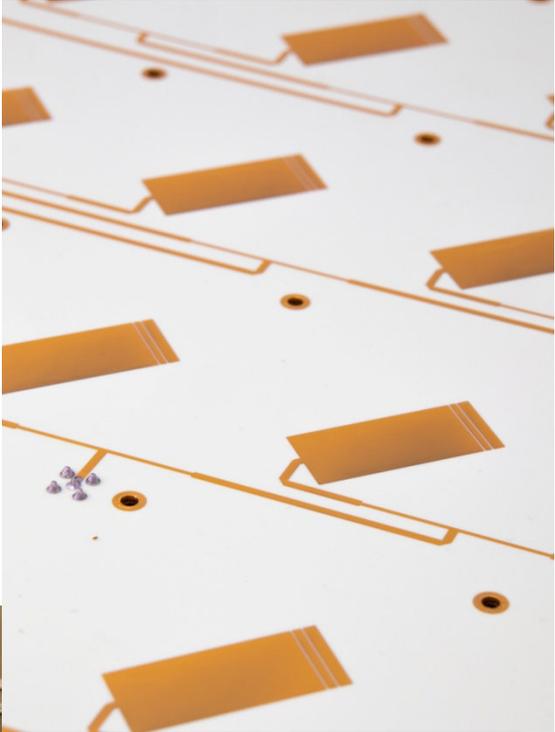
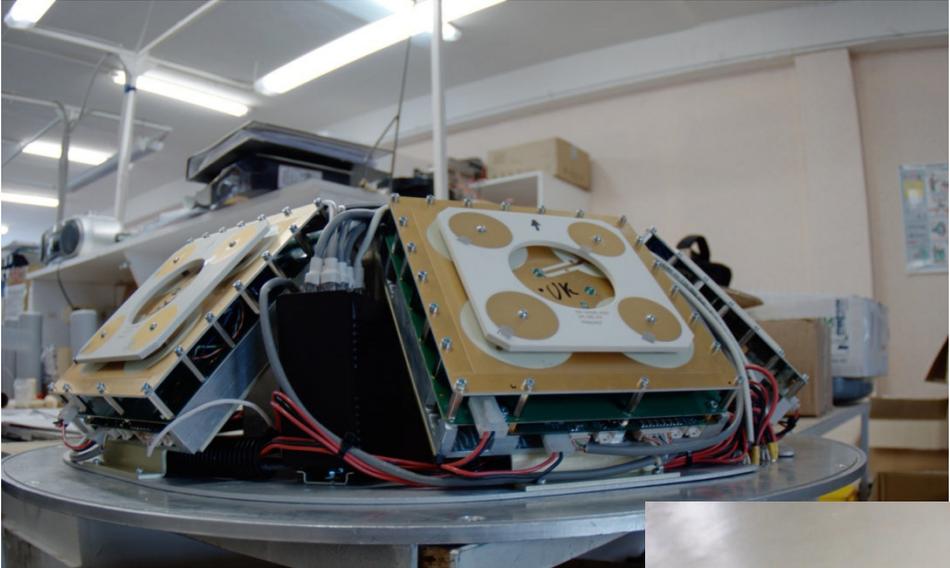


Комплекты с сектором работы 270 град.



Комплекты электропитания комплекса

При производстве используются запатентованное техническое решение, оригинальные разработки элементов антенных систем, собственные технологические процессы проверки и настройки изделий. Сборка, регулировка параметров и натурные испытания перед отправкой заказчику производятся на собственных испытательных площадках



Основные параметры комплекса противодействия БВС серии «РАДЕСКАН»

Испытания в диапазоне 2,4 ГГц проводились на нашем полигоне и объектах потенциальных заказчиков. Испытания проводились при различных погодных условиях. При заявленной инструментальной дальности обнаружения малых дронов 2000 м, максимальная дальность обнаружения составила 1800...1900 м. Подавление сигналов БВС наблюдалось на расстоянии до 1500 м

Испытания в диапазоне 9,3 ГГц проводилось на нашем полигоне при различных погодных условиях, включая облачность и слабый дождь. При заявленной инструментальной дальности обнаружения малых дронов 1000 м, максимальная дальность обнаружения составила не менее 800 м. Подавление сигналов БВС наблюдалось на расстоянии до 1500 м

Термин: «инструментальная дальность обнаружения цели» относится к условиям «прямой видимости» распространения радиоволн до цели и наилучшим внешним условиям (безоблачное небо, отсутствие тумана, дождя, снегопада и т.п.)

Испытания работоспособности комплекса проводились на следующих типах БВС

DJI Phantom 4 Pro V2.0

Мах скорость полёта 72 км/ч

Мах взлетная масса 1.375 кг



Квадрокоптер Xiaomi Fimi X8 SE 2022 V2

Максимальная горизонтальная скорость, в км/ч: 64

Взлетная масса 790 г.

Autel EVO Nano+

Максимальная горизонтальная скорость, в км/ч: 54

Взлетная масса 240 г.



Прототип дрона «Баба_Яга»

Максимальная горизонтальная скорость, в км/ч: 50

Взлетная масса 23 кг.

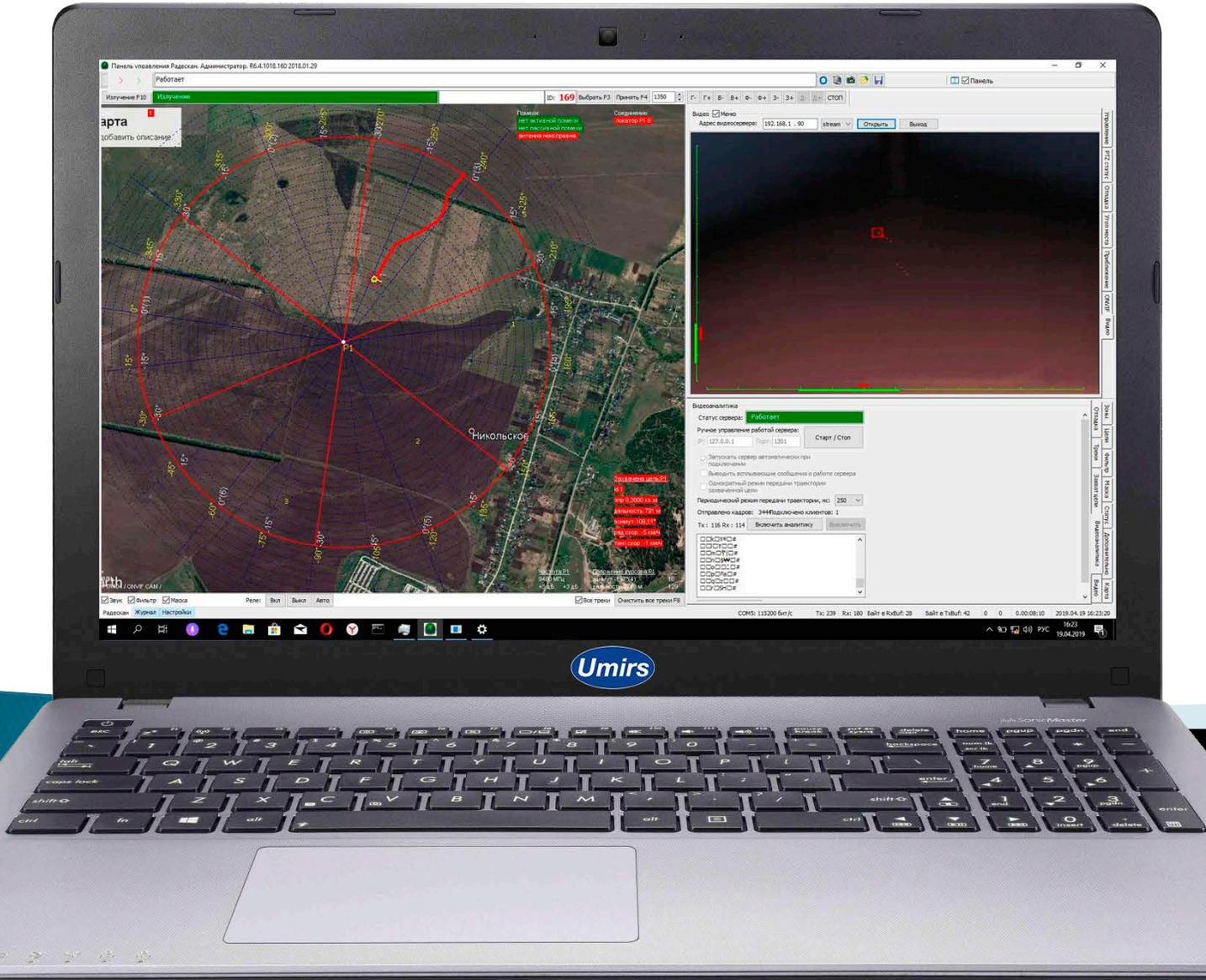


Основные преимущества «Радескан» по сравнению со средствами обнаружения БВС с механическим сканированием пространства



- Нет механического вращения антенны. Нет дорогой по цене активной фазированной антенны.
- Частота обновления информации 5 Гц (пять раз в секунду). Вращающиеся антенны обновляют информацию 0,5...1 раз в секунду). Это приводит к неоднозначному обнаружению цели.
- Предусмотрена внутренняя диагностика аппаратуры РЛС в реальном времени, а также оценка помеховой обстановки во время работы (активные и пассивные помехи) и сигнализация (отображение) ее в графическом виде на карте.
- Доступна настройка времени отображения трека на карте и его автоматическое удаление (стирание) по истечении этого времени.
- Используется различное графическое представление движущихся объектов на графической карте объекта охраны в зависимости от величины оцененной ЭПР объектов.
- Доступны широкие возможности программной фильтрации выдаваемых РЛС траекторий (по ЭПР, дальности, азимуту, скорости, и т.д.).
- Есть продвинутый аппаратный фильтр-классификатор: растение/полезный объект. Можно комбинировать различные фильтры в реальном времени.

Программное обеспечение комплекса "Радескан-Антидрон".



Комплект мониторинга выполнен на базе ПК (или ноутбука) и предназначен для настройки параметров средства обнаружения (комплекта РЛС) и отображения информации об обнаруженной цели. Одновременно могут отображаться до 250 целей.

В реальном масштабе времени для цели, выбранной оператором, на мониторе отображаются:

- траектория движения цели в азимутальной плоскости;
- расстояние до цели;
- направление на цель в азимутальной плоскости;
- вектор и величина скорости цели;
- ЭПР цели.

Траектория движения строится по методу интерполирования. Это не даёт очень точное определение положения дрона в любой момент времени, но позволяет построить траекторию движения.

При определении направления на цель, эта информация передаётся на поворотную платформу с видеокамерой или тепловизором для "сопровождения" цели и её идентификации. Надежность идентификации зависит от параметров объектива тепловизора (или видеокамеры). Вся информация записывается в энергонезависимую память ПК. Всё необходимое Программное обеспечение предварительно установлено на ПК. В состав комплекта входит преобразователь интерфейса USB\RS485 для сопряжения ПК с периферийным оборудованием.

Пример визуального интерфейса комплекса «Радескан Антидрон» с рабочим сектором 90 град.

АО ЮМИРС 2023
карта 1617 x 1047
окно 1188 x 950

Включен режим ручного управления PTZ!

Помехи R1
нет активной помехи
зона1 пассивные 43 %
зона2 пассивные 44 %
зона3 пассивные 52 %
зона4 пассивные 53 %

Соединение:
локатор R1 30 Изл.А
платформа 30
сектор 30

СЕКТОР РУЧНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ВЫКЛЮЧЕНО

30°
45°
2000 м
1500 м
1000 м
500 м
205

Yandex

РЕЛЕ СЕКТОР
вх1 вых1 0
вх2 вых2 0
вх3 вых3 0
вх4 вых4 0
вых5

ЭПР цели:
○ малая
△ средняя
□ большая

Легенда R1
● зона видимости
■ зона невидимости
■ зона неактивности
■ область захвата цели

Захвачена цель R1
id 165
зпр 7,9496 кв. м
дальность 1354 м
азимут -10,5°
рад. скор. 44 км/ч
танг. скор. -9 км/ч
амплитуда 502

PTZ:
напр 2400 рап 167°
темп 34°C tilt 66°

Частота R1:
2375 MHz
+3 дБ +9 дБ

Положение курсора R1:
азимут 96°(1)
дальность 1465 м

10
67

KORT Radescan M / PTR404 / AXIS Q1942-E / 1 PTZ
Время работы станции: 0.0:56:14 10T / 1T / 67

Звук Фильтр Маска П IB IN

СЕКТОР: Вкл Выкл Авто

Все треки Все треки Ctrl+T REC497 F12

Радескан Журнал Настройки Установлен уровень чувствительности обнаружения для станции R1.

СОПРОВОЖДЕНИЕ ЦЕЛИ... ПЕРЕГРУЗКА

1329 м

90
60
30
0
-30
-60
-90

0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330

Управление PTZ статусы Дополнительно Угол места Видео

Звук Цели Излучение Карта Треки Сервер API Статусы Видео2

180

Излучение

Активные помехи: **Допустимый уровень**

Пассивные помехи:

Сект 1:	Сект 2:	Сект 3:	Сект 4:	Сект 5:	Сект 6:
Рабочая зона 1: 43 %	Нет да				
Рабочая зона 2: 44 %	Нет да				
Рабочая зона 3: 52 %	Нет да				
Рабочая зона 4: 53 %	Нет да				

Относительный уровень чувствительности: +3 дБ Установить

Рабочая частота: 2375 MHz Установить рабочую частоту

Уровень чувствительности обнаружения: +9 дБ Установить

Уровень подавления переотражений: слабый Установить

Предустановки

Скорость: Средняя Ручное управление F11

Предустановки. Поддерживается NumLock

1 2 3

Очистить

4 5 6

Запомнить

7 8 9

Вызвать

Функции камеры
Deeptrack
Стабилизация

R1 IP 192.168.0.100 :7000 Tx: 96 Rx: 96 Байт в RxBuf: 43 Байт в TxBuf: 60 0 0 0.05:00:34 2023.06.19 16:37:21

Пример визуального интерфейса комплекса «Радескан Антидрон» с рабочим сектором 270 град.

Стан F9 | Работает

Излучение F10 | Загрузить проект | Излучение

1 ID 160 | Выбрать F3 | Принять F4 | 2000

Включен режим ручного управления PTZ!

Помехи: R1
нет активной помехи
зона1 пассивные 43 %

Соединение:
M локатор: R1 30 Изл. A
B локатор: R2 30 Изл. A
O локатор: R3 30 Изл. A

сектор 30 Н

СЕКТОР РУЧНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ВЫКЛЮЧЕНО

АО ЮМИРС 2023
карта 1617 x 1047
окно 1267 x 894

Видео1 | Меню | Полный F1

СОПРОВОЖДЕНИЕ ЦЕЛИ...

→ 971 м (не совпадает с радаром)
↑ 171 м

Видео2 | Меню | Полный F2

Открыть | Выход | Полный F2

Строка подключения потока по RTSP: P2: KARNEEV PTZ / 192.168.1.88
rtsp://192.168.1.88/main

Видеорегистрация этого потока в файл | Масштабировать видео2 под размер окна | 16:9

РЕГЕ СЕКТОР

вх1	вых1	0 1
вх2	вых2	0 0
вх3	вых3	0 0
вх4	вых4	0 0
вых5		

ЭПР цели:
◇ малая
△ средняя
□ большая

Легенда R1

- зона видимости
- зона невидимости
- зона неактивности
- область захвата цели

Захвачена цель: R1

id 160
эпр 2,2186 кв.м
дальность 971 м
азимут -6,5°
ред. скор. 32 км/ч
танг. скор. 2 км/ч
амплитуда 260

Частота: R1 | Положение курсора: R1
2307,5 МГц | азимут -253 (3)

PTZ управление | PTZ статус | Дополнительно | Угол места | Видео1 | Зоны | Цели | Фильтр | Маска | Статусы | Излучение | Карта | Треки | Сервер API | Видео2

Особенности блоков подавления сигналов управления БВС, сигналов передачи информации пилоту и сигналов спутников геолокации в комплексе «РАДЕСКАН»

В настоящее время требуется не менее 7 частотных каналов для успешного подавления сигналов БВС гражданского назначения:

**433 МГц; 900 МГц; 1,2 ГГц;
1,6 ГГц; 2,4 ГГц; 5,2 ГГц;
5,8 ГГц.**

Конструкция блоков подавления выполнена в унифицированном корпусе. В одном корпусе несколько излучающих антенн с ортогональной поляризацией излучения.



Рабочий сектор 180 град.



Рабочий сектор 360 град.

Проведены эксперименты и анализ необходимых методов для радиочастотного подавления каналов управления беспилотных воздушных судов (БВС), основанных на использовании радиосигналов с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ). Экспериментально подтверждено подавление сигналов управления дронов типа **Autel**

Подавление осуществляется излучением радиочастотных помех в различных диапазонах сигналов управления и ориентации БВС

Особенности блоков подавления сигналов управления БВС и сигналов спутников геолокации в комплексе «РАДЕСКАН»

Приёмные антенны большинства типов гражданских БВС имеют линейную поляризацию вектора напряжённости поля, или горизонтальную или вертикальную. Они хорошо принимают радиоволны только соответствующей поляризации. Для эффективного подавления сигнала БВС требуется чтобы сигнал помехи по поляризации совпадал с поляризацией антенны БВС. Опыт эксплуатации показал, что наиболее эффективным является такой метод подавления сигналов БВС, который включает излучение помехи как на вертикальной, так и на горизонтальной поляризации, поскольку неизвестна поляризация антенн обнаруженного БВС. Некоторые «подавители» БВС (например «антидроновые ружья») излучают сигнал с круговой поляризацией, в которой вектор поля вращается в пространстве. Из этой круговой поляризации антенна БВС как бы «выхватывает» линейно поляризованную часть энергии сигнала подавления. Остальная энергия просто теряется. По этой причине системы с круговой поляризацией обладают меньшей дальностью подавления при одинаковых мощностях излучения.

В связи с этим, в 2023 году конструкция блоков подавления в комплексе «РАДЕСКАН» была существенно модернизирована. В настоящее время мы рекомендуем блоки подавления сигналов БВС работающих на двух поляризациях. Этим обеспечивается более надежное воздействие на БВС.



Параметры модернизированного комплекта подавления сигналов управления БВС и сигналов спутников геолокации

Блок радиоэлектронного противодействия секторный РЭП-2 (СЧ)	
Диапазон 1 RC868, 916	2 поляризации
Диапазон 2 GPS L2, L5/ Глонасс L2, L3	1 поляризация
Диапазон 3 GPS L1 / Глонасс L1	1 поляризация

Блок радиоэлектронного противодействия секторный РЭП-3 (ВЧ)	
Диапазон 1 2.4G	2 поляризации
Диапазон 2 5.2G	2 поляризации
Диапазон 3 5.8G	2 поляризации

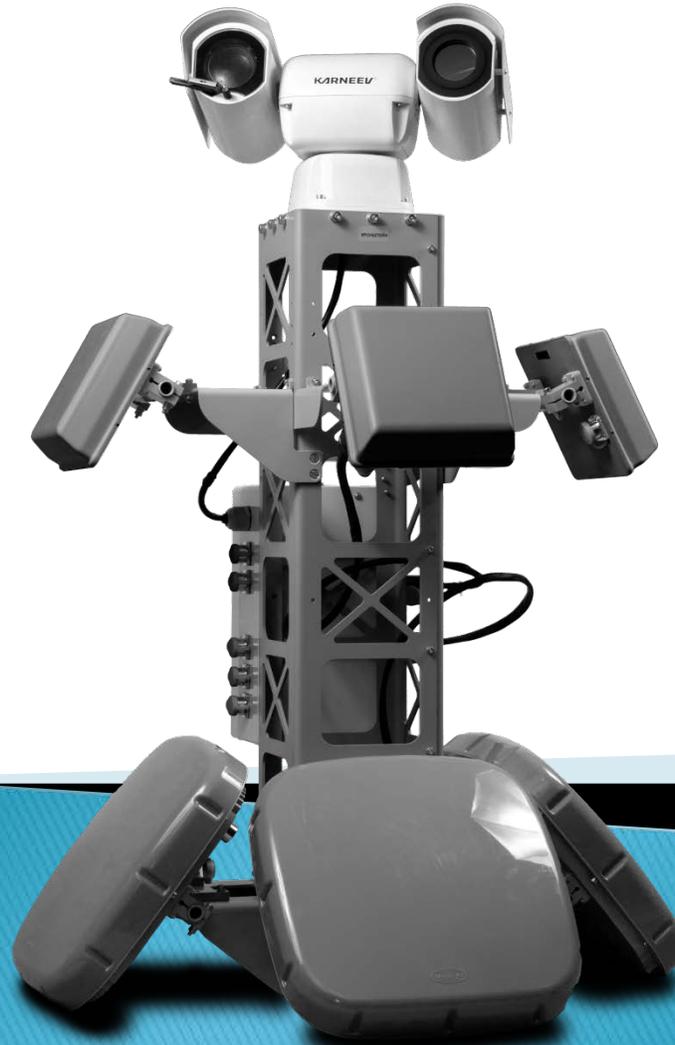
Блок радиоэлектронного противодействия секторный РЭП-1 (НЧ)	
Диапазон 1 RC 433	1 поляризация

Рабочий угол излучения всех блоков, вертикальный, град	90
Рабочий угол излучения всех блоков , горизонтальный, град	90
Максимальная дальность подавления, м	1500

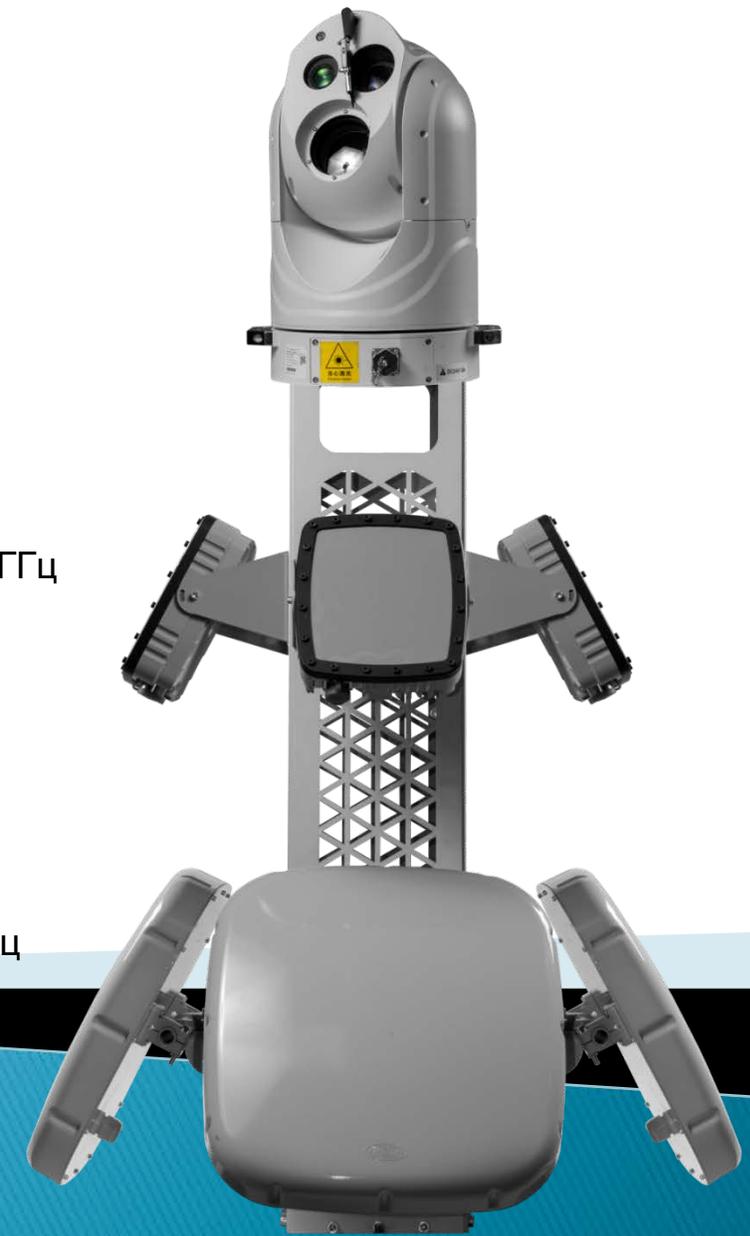
Принципиально новый подход к обнаружению БВС в двух частотных диапазонах: 2,4 ГГц, и 9 ГГц

Необходимость использования двух диапазонов частот для обнаружения БВС продиктовано особенностями распространения радиоволн, тонкостями обработки радиолокационных сигналов и реальной помеховой обстановки на охраняемом объекте.

Различные типы БВС имеют свои особенности в формировании отражённого сигнала, что нужно учитывать в алгоритме обработки сигнала.

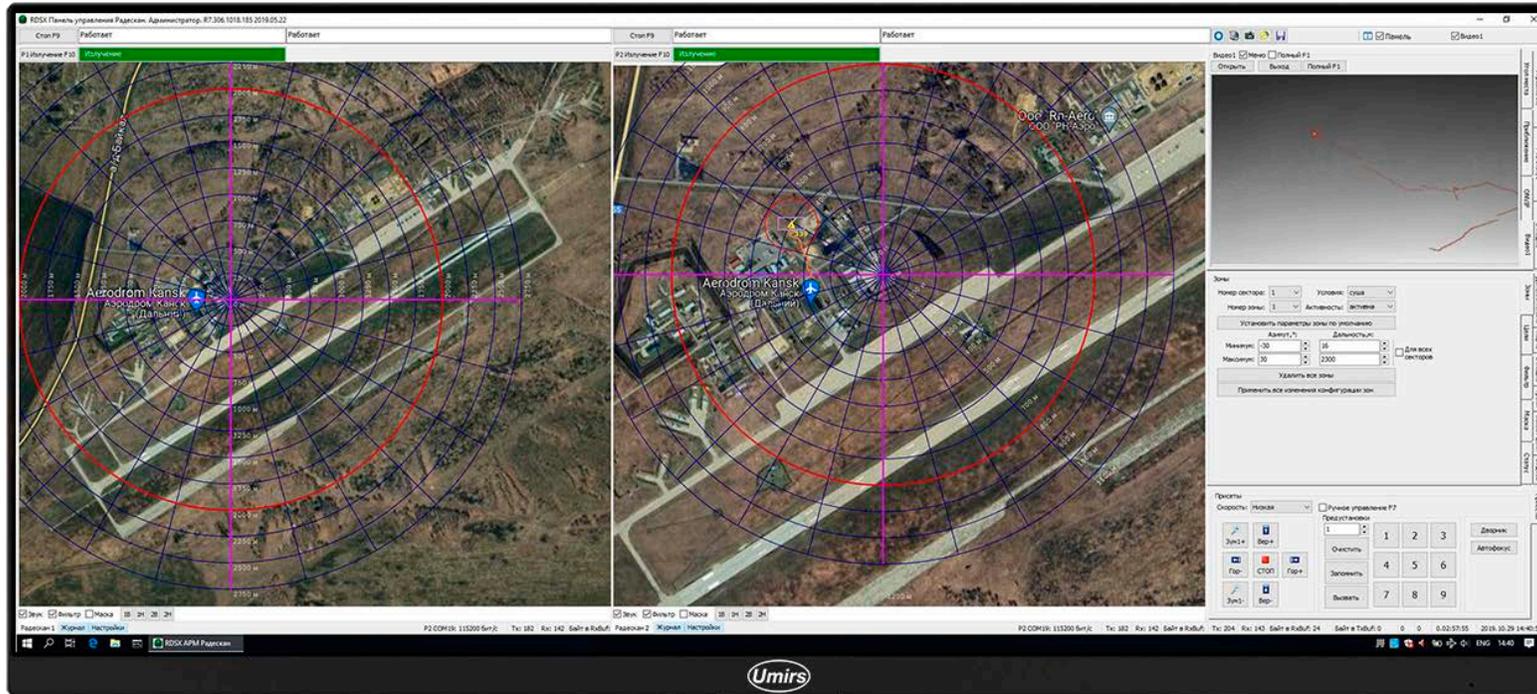


РЛС 9,5 ГГц



РЛС 2,4 ГГц

Принципиально новый подход к обнаружению БВС в двух частотных диапазонах: 2,4 ГГц, и 9 ГГц

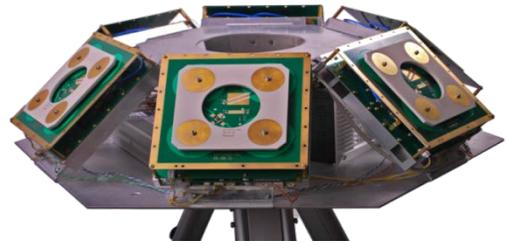


Одновременное использование двух диапазонов частот для обнаружения БВС предполагает отображение двух разных окон на мониторе оператора комплекса. Слева – сектор охраны большей дальности обнаружения (2,4 ГГц), справа – меньшей дальности (9 ГГц) Окно отображения видеoinформации и параметров цели – единое.

Ближайшие планы на развитие технологий по противодействию БВС.

В настоящее время проводится НИОКР по созданию комплекса, в котором определяется три координаты положения обнаруженного БВС .
Это позволит строить пространственную траекторию движения обнаруженного БВС и более точно идентифицировать цель средствами видеоаналитики на базе тепловизора и видеокамеры

Получено положительное решение на полезную модель в Роспатенте
Прорабатываются различные конструкторские решения



Скрин экрана АРМ оператора комплекса противодействия БВС с дальностью обнаружения легкомоторного самолёта до 7 км.

The screenshot displays a complex anti-air warfare (AAW) control room interface. The central element is a radar display with a grid of concentric circles representing range (0 to 7000 meters) and radial lines representing bearing (0 to 360 degrees). A red line indicates a track, and a yellow target is labeled 'R1'. A text box on the left states 'СЕКТОР РУЧНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ВЫКЛЮЧЕНО' (Sector manual jamming is turned off). The top status bar shows 'Стоп F9' (Stop F9) and 'Работает' (Working). The right side features two video feeds: 'Видео1' (Video 1) showing a sky with a red circle around a small object, and 'Видео2' (Video 2) showing a similar view. The bottom right contains a control panel with buttons for zoom, stop, and other functions, along with a numeric keypad. The interface is overlaid on a Windows desktop environment.

СЕКТОР РУЧНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ВЫКЛЮЧЕНО

АО ЮМИРС 2023
карта 1617 x 1047
окно 1223 x 895

Помехи: R1
нет активной помехи
нет пассивной помехи
антенна исправна

Соединение:
локатор R1 30 Изл. А
сектор 0 0

Захвачена цель: R1
id: 12
эпр: 1,5001 кв. м
дальность: 2149 м
азимут: -25,5°
ред. скор.: -20 км/ч
танг. скор.: 144 км/ч
ампл./выс.: 702

Частота: R1
2005 MHz

Положение курсора: R1
азимут: -202°(2)

Панель Видео 1 Монитор Горячие клавиши

Видео1 Меню Полный F1

Видео2 Меню Полный F2
1970-01-01 03:52:44 Тип

Предустановки
Скорость: Средняя Ручное управление F11
Предустановки. Поддерживается NumLock
Функции камеры
Дворник

PTZ управление
Дополнительно
Угол места
PTZ статус
Видео1
Зоны
Излучение
Цели
Карта
Треки
Свердл API
Статусы
Видео2
158

Yandex

РЕЛЕ СЕКТОР
вх1 вых1 0 3
вх2 вых2 0 0
вх3 вых3 0 0
вх4 вых4 0 0
вых5

ЭПР цели:
○ малая
△ средняя
□ большая

Легенда: R1
■ зона видимости
■ зона невидимости
■ зона неактивности
■ область захвата цели

Спасибо за внимание!

видео о нашей продукции
доступно на канале ЮМИРС YouTube