

УДК 623.09

DOI: 10.52531/1682-1696-2025-25-3-132-142

Научная статья

EDN: ZQGRYK

КОМПЛЕКС РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕНИЯ БПЛА

Д.Ш. Исмятов,
А.С. Кудрявцев, А.А. Морозов
АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»,
Москва, Российская Федерация

Статья рассматривает радиоэлектронное средство для защиты от БПЛА методом постановки активной прицельной шумовой помехи сигналам видеопередачи и каналам управления с помощью модуля цифровой радиочастотной памяти.

Ключевые слова: радиоэлектронный комплекс, беспилотные летательные аппараты, цифровая радиочастотная память, радиоэлектронное подавление, защита

Original article

UAVS ELECTRONIC COUNTERMEASURE COMPLEX

D.S. ISMYATOV,
A.S. KUDRYAVTSEV, A.A. MOROZOV
JSC «CENTRAL RADIO-RESEARCH INSTITUTE
NAMED AFTER ACADEMICIAN A.I. BERG»,
MOSCOW, RUSSIAN FEDERATION

The article considers the electronic means of protection against UAVs by setting up active targeted noise interference to video transmission signals and control channels using a digital radio frequency memory.

KEYWORDS: radio-electronic complex, unmanned aerial vehicles, digital radio frequency memory, electronic countermeasure, protection

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит активное развитие и повсеместное внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в хозяйственных, бытовых, террористических и военных целях. Если первые две цели представляют развлечение и автоматизацию хозяйственной работы, то последние представляют опасность для важных государственных, военных и гражданских объектов, а также объектов топливно-экономического комплекса (ТЭК).

Повышение доступности и функциональных возможностей БПЛА облегчает их применение в противоправных целях, таких как несанкционированный сбор информации, причинение ущерба объектам ТЭК, создания угрозы жизни и здоровью людей, координации действий при незаконных проникновениях на охраняемые объекты и т.д.

Современные БПЛА способны не только нести полезную нагрузку или вести оптическую разведку, но и сопровождать конкретный объект в течение длительного времени, а также доставлять опасные грузы или взрывчатые вещества.

Противодействие подобной угрозе современными комплексами противовоздушной обороны (ПВО) является весьма сложной технической задачей, поскольку требует, с одной стороны, обнаружения сла-

боконтрастных низколетящих целей на больших дальностях, а с другой – наличия большого количества дорогостоящих комплексов ПВО.

В сложившейся ситуации обеспечить эффективную, массовую и дешевую, относительно цены комплекса ПВО, защиту способен комплекс радиоэлектронного противодействия (РЭП).

1. АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БПЛА

1.1 Радиотехнические характеристики составных частей БПЛА

Для проведения анализа радиотехнических характеристик различных БПЛА изначально необходимо рассмотреть типовые составные части БПЛА с целью проведения подробного анализа по каждой радиоэлектронной составной части в отдельности. Типовой состав компонентов БПЛА, отвечающий за взаимодействие БПЛА с оператором, приведен в таблице 1.

Подробно рассмотрим каждую составную часть, приведем примеры из существующих и применяемых на сегодняшний день изделий, проанализируем их радиотехнические характеристики.

Составные части канала управления БПЛА:

1. Приемник радиосигнала управления БПЛА располагается на борту БПЛА, отвечает за прием и обработку радиосигналов управления, преобразовывает сигналы управления в данные, необходимые полетному контроллеру (рис. 1).

2. Передатчик радиосигнала управления БПЛА преобразовывает сигналы от пульта управления в информационные импульсы для приемника БПЛА (рис. 2).

3. Приемная антенна канала управления отвечает за прием радиосигналов управления и их усиление для передачи на приемник управления (рис. 3).

4. Передающая антенна канала управления необходима для усиления радиосигналов управления от передатчика и излучение их в пространство (рис. 4).

Основными радиотехническими характеристиками каналов управления БПЛА являются:

- рабочий диапазон частот (0,3–6 ГГц);
- вид модуляции (FSK2, PSK2, OFDM);
- мощность передатчика управления (0,25–2 Вт);
- чувствительность приемника управления (от – 80 дБмВт до – 120 дБмВт);
- наличие/отсутствие режима ППРЧ (FHSS);
- ширина полосы сетки ППРЧ (60–80 МГц);
- количество каналов в сетке ППРЧ (20–40 шт);
- быстродействие ППРЧ (350–500 ск/сек);

– коэффициент усиления приемной/передающей антенны (1–3 dBi);

– поляризация приемной/передающей антенны (горизонтальная, вертикальная).

Составные части канала видеопередачи БПЛА:

1. Приемник видеосигнала БПЛА отвечает за прием и обработку цифровых или аналоговых видеосигналов от БПЛА, а также преобразование видеосигнала в информационный для системы видеотображения (FPV-очки, FPV-мониторы) (рис. 5).

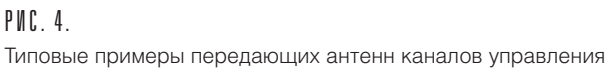
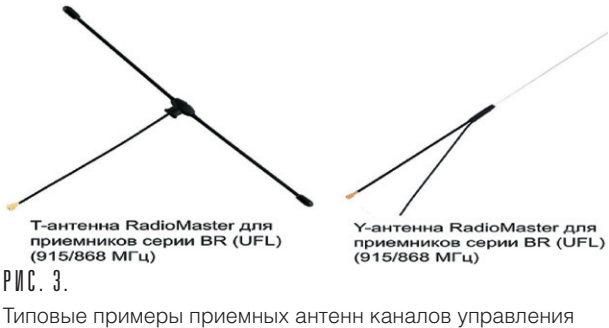
2. Передатчик видеосигнала БПЛА располагается на борту БПЛА, предназначен для передачи цифровых или аналоговых видеосигналов, преобразовывает и усиливает сигнал от FPV-камеры БПЛА (рис. 6).

3. Приемная антенна канала видеопередачи необходима для приема видеосигналов от БПЛА и их усиления для передачи на приемник видеосигналов оператора (рис. 7).

4. Передающая антенна канала видеопередачи необходима для усиления видеосигнала от видеопередатчика и его излучения в пространство (рис. 8).

ТАБЛИЦА 1.
Канал управления БПЛАКанал видеопередачи БПЛА

Канал управления БПЛА		Канал видеопередачи БПЛА	
Приемная часть (БПЛА)	Передающая часть (оператор)	Приемная часть (оператор)	Передающая часть (БПЛА)
Бортовой приемник сигналов управления	Передатчик сигналов управления (пульт)	Приемник видеосигнала (очки, монитор)	Передатчик видеосигнала
Приемная антенна канала управления	Передающая антенна канала управления	Приемная антенна канала видеопередачи	Передающая антенна канала видеопередачи



Основными радиотехническими характеристиками каналов видеопередачи БПЛА являются:

- рабочий диапазон частот (1–6 ГГц);
- группа частот (1,2 ГГц, 1,5 ГГц, 2,4 ГГц, 3,3 ГГц, 5,2 ГГц, 5,8 ГГц);
- количество каналов в группе (от 8 до 48 шт);
- стандарт видеосигнала (PAL, NTSC);
- мощность видеопередатчика (0,025–4 Вт);
- чувствительность видеоприемника (от – 80 дБмВт до – 95 дБмВт);
- коэффициент усиления приемной/передающей антенны (1–3 дБи);
- поляризация приемной/передающей антенны (горизонтальная, вертикальная).

Исходя из указанной информации, в таблице 2 изложены основные радиотехнические характеристики составных частей БПЛА.

1.2 Спектральные характеристики передающих устройств БПЛА

Фоно-целесвая обстановка в обобщенном диапазоне работы излучаемых средств БПЛА насыщена различными сигналами. На рисунке 9 приведена спектрограмма радиоэлектронной обстановки в момент большой активности БПЛА.

Исходя из спектрограммы видно, что на различных частотах присутствует множество сигналов управления, передачи видеoinформации и сотовой связи. Амплитуда сигналов указывает на различные типы передатчиков сигналов (различные уровни выходной мощности) и/или на различные дальности нахождения от анализатора сигналов.

На рисунке 10 приведена спектрограмма в диапазоне частот от 600 до 6000 МГц при полете FPV-дрона.

По нижней части представленной спектрограммы можно установить, что сигналы имеют различную ширину спектра и интенсивность перестройки. Сигнал управления работает в режиме ППРЧ. На спектрограмме видно, что амплитуда сигнала управления БПЛА имеет наивысшее значение, что свидетельствует о малой дальности БПЛА от анализатора спектра.

В настоящее время более 80% БПЛА, выпускаемых иностранными производителями, используют режимы ППРЧ в каналах управления. Несмотря на значительное разнообразие типов, моделей и производи-



Дiversity приёмник Skyzone 1,2 ГГц

Приёмник Skyzone SteadyView 5,8

Приёмник GEPRC MATEN 3,3 ГГц

Рис. 5.

Типовые примеры приемников видеосигнала



Видеопередатчик RUSHFPV TANK II ULTIMATE 5,8 ГГц со SmartAudio



Видеопередатчик GEPRC MATEN 3,3 ГГц 3 Вт VTX PRO



Видеопередатчик GEPRC MATEN 1,2 ГГц 2 Вт VTX

Рис. 6.

Типовые примеры передатчиков видеосигнала



Патч-антенна GEPRC Triple Feed Patch-1 5,8 ГГц



Антенна RadioMaster Bandit Moxon (915/868 МГц) (RP-SMA) (линейная)

Рис. 7.

Типовые примеры приемных антенн каналов видеопередачи



Антенна диполь Flywoo 1,2-1,3 ГГц (SMA) (линейная)

25



Антенна Foxeer Lollipop 4 Plus 5,8 ГГц (RHCP / LHCP)

Рис. 8.

Типовые примеры передающих антенн каналов видеопередачи

ТАБЛИЦА 2.

Основные радиотехнические характеристики составных частей БПЛА

БПЛА		Пульт оператора	
Параметр	Единица измерения	Параметр	Единица измерения
Рабочий диапазон приемника канала управления	МГц (ГГц)	Рабочий диапазон передатчика канала управления	МГц (ГГц)
Рабочий диапазон передатчика видеосигналов	МГц (ГГц)	Рабочий диапазон приемника видеосигналов	МГц (ГГц)
БПЛА		Пульт оператора	
Чувствительность приемника канала управления	dBm	Мощность передатчика канала управления	Вт
Мощность передатчика видеосигналов	Вт	Чувствительность приемника видеосигналов	dBm
Коэффициент усиления приемной антенны канала управления	dBi	Коэффициент усиления передающей антенны канала управления	dBi
Коэффициент усиления передающей антенны канала видеосигналов	dBi	Коэффициент усиления приемной антенны канала видеосигналов	dBi

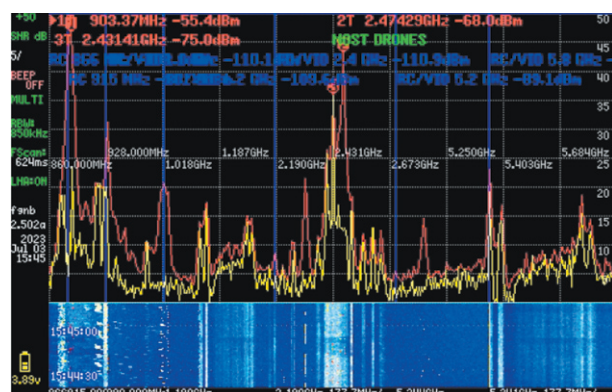


Рис. 9.

Радиоэлектронная обстановка в момент большой активности БПЛА

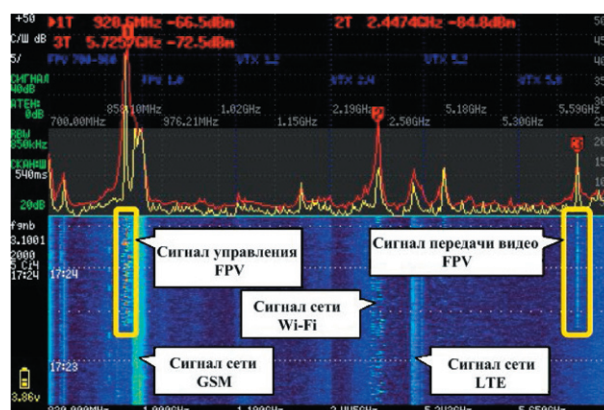


Рис. 10.

Спектрограмма при полете FPV – дрона

телей БПЛА (использующих ГППРЧ в каналах управления), можно выделить обобщенные параметры и характеристики, типичные для изделий большинства иностранных производителей:

- максимальная «легальная» мощность излучаемого сигнала (в канале управления) – 100 мВт;
- приоритетные диапазоны частот – 2,4 и 5,8 ГГц;
- быстродействие режима ГППРЧ – от 350–500 ск/сек (макс. 2 900 ск/сек);
- вид модуляции – FSK2 (реже – PSK2 (A/B) и OFDM);
- длительность импульса – 500 мкс – 2,5 мс;
- частота повторения импульсов – 300 кГц – 2 МГц;
- символьная скорость передачи данных – 1 000–2 000 кбод;
- полоса «сетки ГППРЧ» – около 80 МГц;
- количество каналов «сетки ГППРЧ» – до 40.

На рисунке 11 приведена полихромная диаграмма

спектра (полученная в режиме накопления данных) канала управления ГППРЧ типичного БПЛА.

Из спектрограммы видно, что в одну единицу времени активен (используется для передачи данных) только один из 40 каналов сетки ГППРЧ. Длительность одного сеанса передачи данных (для данного изделия) составляет около 2 мс на одном канале.

Из спектрограммы, снятой в условиях реальной РЭО, видно, что в полосе сетки ГППРЧ (канала управления) присутствуют сигналы иных РЭС (в том числе сигналов Wi-Fi, сигналов канала передачи видеоданных самого БПЛА и т.д.).

На рисунке 12 приведена стандартная спектрограмма канала управления ГППРЧ типичного БПЛА. Как правило, стандартная спектрограмма не отображает наличие сигналов канала управления «быстрого ГППРЧ» на экране прибора. Спектрограмма получена в условиях реальной РЭО, в диапазоне действующего

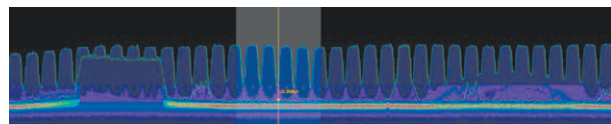


РИС. 11.

Полихромная диаграмма спектра канала управления ППРЧ

канала управления БПЛА (идентичного представленному на рис. 11). Признаки наличия сигналов канала управления (ППРЧ) на спектрограмме отсутствуют. Наблюдается отметка сигнала канала передачи видеоданных с борта БПЛА.

1.3 Частотные диапазоны работы БПЛА

В таблице 3 приведен перечень наиболее распространенных БПЛА, которые применяются в настоящее время вероятным противником и их частотные диапазоны сигналов управления и передачи видеоизображения.

2. КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСА

В целях определения концепции построения комплекса подавления БПЛА необходимо рассмотреть основные радиоканалы обмена информацией, которые функционируют между оператором и БПЛА. На рисунке 13 изображены направления обмена информацией.

Исходя из информации, представленной выше, можно сделать вывод о том, что со стороны БПЛА в сторону оператора передаются данные двух видов:

1. Сигналы видеопередачи с камеры БПЛА.
2. Сигналы телеметрии (канала управления), передающиеся от полетного контроллера БПЛА в сторону пульта управления оператора БПЛА.

Учитывая излучаемые радиосигналы БПЛА на частоте управления и видеопередачи, оптимальным вариантом обнаружения и подавления подобных БПЛА представляется вариант с применением комплекса, задачами которого являются обнаружение и радиоэлектронное подавление каналов управления и каналов передачи видеоизображения БПЛА.

2.1 Обнаружения сигналов БПЛА

Одним из основных и эффективных способов обнаружения БПЛА является метод пассивной радиотехнической разведки воздушного пространства.

Рассмотрим основные плюсы данного метода обнаружения БПЛА:

- скрытность проведения анализа воздушного пространства на наличие сигналов БПЛА;
- упрощенная реализация кругового обзора пространства на наличие сигналов БПЛА;
- определение типа радиосигналов и их характеристик и, следовательно, определение их принадлежности к определенным радиоизлучающим бортовым системам БПЛА (управление, видеопередача, телеметрия);



РИС. 12.

Стандартная спектрограмма канала управления ППРЧ

ТАБЛИЦА 3.

Перечень наиболее распространенных БПЛА

Модель БПЛА	Управление, МГц	Видео, МГц
Лелека-100	410–480 2304–2390	2304–2390
Фурия	433–447 902–928	1200–1350
Poseidon	433 860	1240–1290
Heavy Shot	470–700 1200–1800 5200–5800	–
Баба-яга	1300–1500	1050–1950
FPV	315 433 700–915 840–845 868–916 900–928 2400–2483	910–1360 980 1405–1655 2300–2510 3300–3500 5330–5945
Shark		2200–2500
Dji		2300–2600 5650–5850
Autel 4T		832–860 904–926 1420–1450 2400–2485 5150–5250 5728–5847

– точная идентификация БПЛА на фоне окружающего пространства.

Недостатком данного метода обнаружения БПЛА необходимо выделить сложность реализации точного пеленгования направления полета БПЛА.

2.2 Подавление каналов управления и видеопередачи БПЛА

К эффективным методам подавления БПЛА является применение радиоэлектронного воздействия различными видами помех на каналы управления и передачи видеоизображений БПЛА.

Рассмотрим основные плюсы данного метода подавления:

- возможность полного блокирования линии связи между оператором и БПЛА, что приводит к неконтролируемому полету БПЛА или его падению;
- возможность полного искажения видеокadra в устройстве видеоприемника оператора БПЛА, что приводит к невозможности объективной оценки оператором БПЛА расположения атакуемой им цели;



РИС. 13.

Направления обмена информацией

- достаточно низкие энергетические и финансовые затраты при использовании прицельного типа помех;
- возможность одновременного подавления нескольких БПЛА.

Из минусов данного метода подавления БПЛА необходимо выделить невозможность подавления БПЛА, находящихся в режиме радиомолчания.

2.3 Уточнение концепции построения комплекса

Рассмотрев основные необходимые функции, возложенные на комплекс подавления БПЛА, возможно перейти к более подробному анализу концепции построения комплекса. Для реализации функции обнаружения сигналов БПЛА в составе комплекса необходимы следующие составные части:

- 1) приемная антенная система для обнаружения сигналов БПЛА;
- 2) приемный СВЧ тракт;
- 3) блок анализа сигналов и формирования помех в части приема и анализа сигналов.

Для реализации функции подавления каналов управления и передачи видеоизображений необходимы следующие составные части:

- 1) передающая антенная система для излучения помеховых сигналов;
- 2) передающий СВЧ тракт;
- 3) блок анализа сигналов и формирования помех в части формирования помеховых сигналов.

Дополнительной составной частью комплекса является система электропитания и входящие в нее модули преобразования электропитания. Исходя из обобщенной структуры обнаружения и подавления БПЛА, можно сформировать функциональную схему комплекса, представленную на рис. 14.

3. ОПИСАНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ КОМПЛЕКСА

3.1 Антенная система комплекса

Антенная система комплекса представляет собой телескопическую вышку (рис. 15) из алюминиевого сплава на треноге из высокопрочной стали высотой 8 м, к которой крепятся приемные и передающие антенны. Вес мачты не превышает 18 кг, в сложенном со-

стоянии длина не превышает 1,7 м, поднимаемый вес не более 7,5 кг. Конструкция антенной мачты предусматривает тросовые растяжки и колья ветроустойчивости, с данными составными частями параметр ветроустойчивости достигает 20 м/с. На разворачивание мачты в рабочее положение уходит не более 5 мин.

К верхней части антенной мачты крепятся приемная и передающая антенны верхнего диапазона 1–6 ГГц, к поперечной балке крепятся приемная и передающая антенны нижнего диапазона 0,3–1 ГГц. Антенны соединяются с блоком обработки сигнала и формирования помех СВЧ кабелями.

3.2.2 Приемная антенна диапазона частот 0,3–1 ГГц

Для обеспечения приема и передачи сигналов в диапазоне частот 0,3–1 ГГц было принято решение об использовании биконической антенны с неравными размерами конусов (рис. 16). Для уменьшения массы прибора, упрощения изготовления и повышения ветроустойчивости было принято решение низкочастотную часть антенны изготавливать в виде сетки. На рисунке 17 представлен расчетный график значения КСВ по диапазону частота прибора БК-Д.

3.2.3 Приемная антенна диапазона частот 1–6 ГГц

Для приема сигналов в диапазоне частот 1–6 ГГц и в заданном секторе углов была разработана и изготовлена биконусная антенна (рис. 18). На рисунке 19 представлен расчетный график значения КСВ по диапазону частота прибора ДК1-Д.

3.2.4 Передающая антенна диапазона частот 0,3–1 ГГц

Для работы передатчика в диапазоне 0,3–1 ГГц была разработана антенная решетка из четырех биконических антенн (рис. 20). Антенна изготавливается в ветроустойчивом варианте, точки запитки защищены радиопрозрачным материалом. Все четыре излучателя в решетке запитываются равноамплитудно и синфазно от одного делителя. Данное решение имеет гибкую настройку в плане увеличения энергопотенциала передатчика при равенстве коэффициента усиления

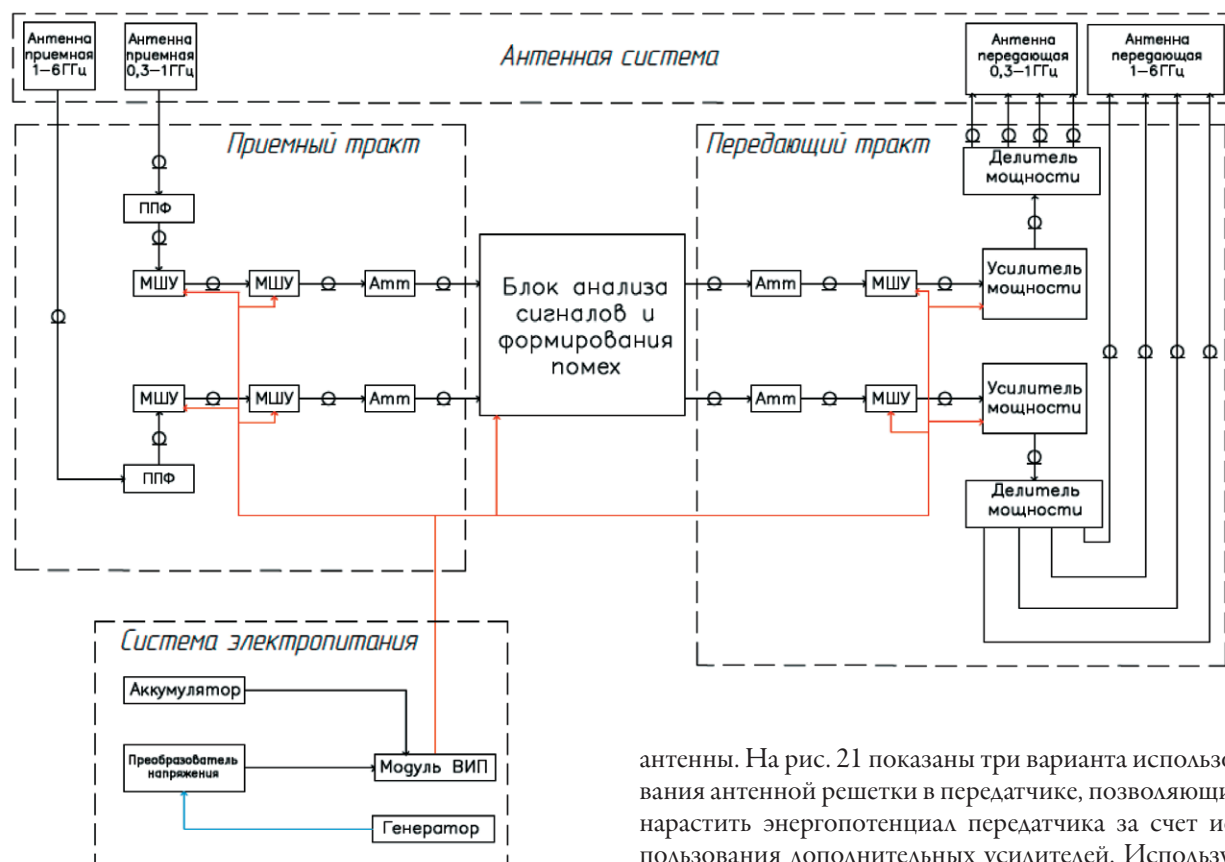


Рис. 14.

Функциональная схема комплекса



Рис. 15.

Антенная мачта

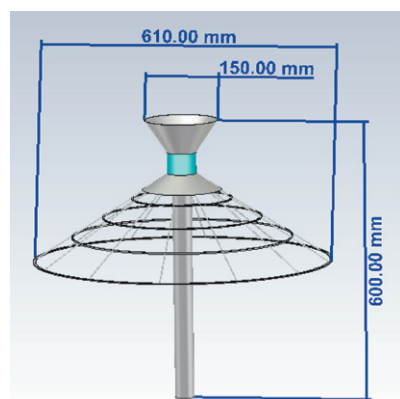


Рис. 16.

Прибор БК-Д

антенны. На рис. 21 показаны три варианта использования антенной решетки в передатчике, позволяющие нарастить энергопотенциал передатчика за счет использования дополнительных усилителей. Используя разные варианты, можно увеличить энергопотенциал до 4-х раз.

На рисунке 22 показаны расчетные коэффициенты обратного отражения каждого входа прибора БК4-Д по диапазону частот. Значение $-7,5$ дБ соответствует $KCB = 2,2$.

3.2.5 Передающая антенна диапазона частот 1–6 ГГц

Для работы передатчика в диапазоне 1–6 ГГц была разработана и изготовлена антенная решетка из четырех биконических антенн (рис. 23). Все четыре излучателя в решетке запитываются равноамплитудно и синфазно от одного делителя. Данное решение также имеет возможность увеличения энергопотенциала за счет использования дополнительных усилителей, как показано на рисунке 20. На рисунке 24 показаны расчетные коэффициенты обратного отражения каждого входа прибора ДК4-Д по диапазону частот. Значение -7 дБ соответствует $KCB = 2,5$. На рисунке 25 представлен график KCB прибора ДК4-Д при запитке его через делитель.

3.2 Блок анализа сигналов и формирования помех

Блок анализа сигналов и формирования помех представляет собой два восьмиканальных модуля ЦППМ-К. Разрабатываемый модуль SDR представляет собой многоуровневую высокочастотную печатную плату, ориентированную на профессиональное использование в условиях интенсивного радиочастот-

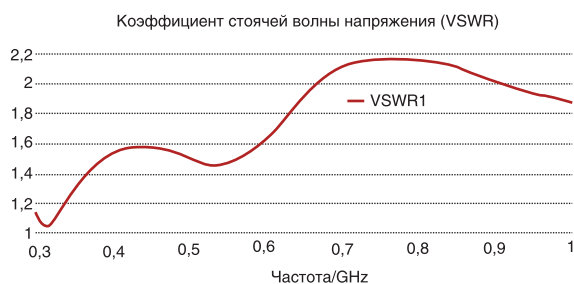


Рис. 17.

Расчетный график КСВ прибора БК-Д по диапазону частот

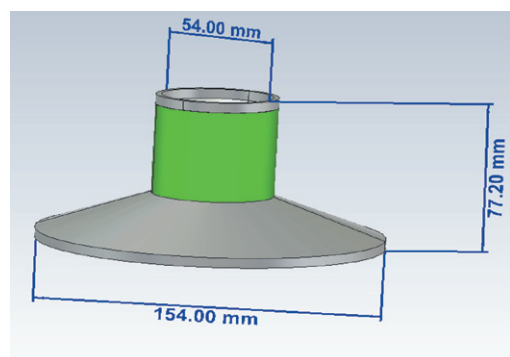


Рис. 18.

Прибор ДК1-Д

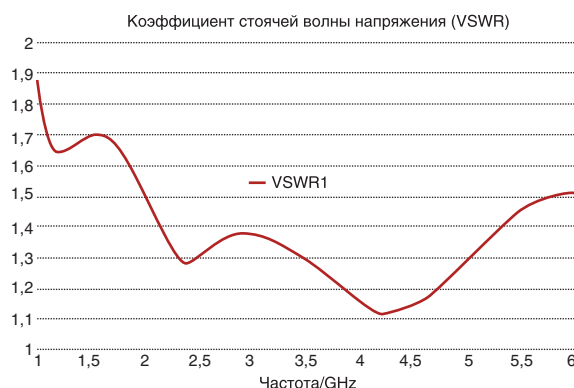


Рис. 19.

Расчетный график КСВ прибора ДК1-Д по диапазону частот

ного излучения, задачах радиомониторинга, анализа сигналов и постановки помех. При проектировании учтены особенности ВЧ-сигнальной целостности, минимизации перекрестных наводок, термостабильности и электромагнитной совместимости.

Ниже приведены ключевые конструктивные и схемотехнические особенности устройства.

Многоканальная архитектура: четыре полностью изолированных ВЧ канала (Rx/Tx), каждый реализован с независимым трактом от антенны до АЦП/ЦАП с минимальной связностью.

Когерентная синхронизация всех каналов через общий высокостабильный опорный генера-

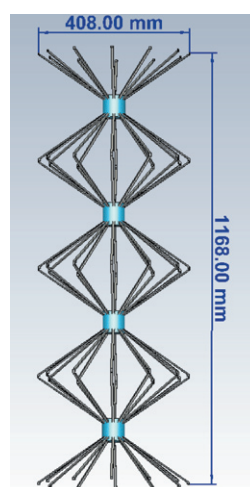


Рис. 20.

Прибор БК4-Д

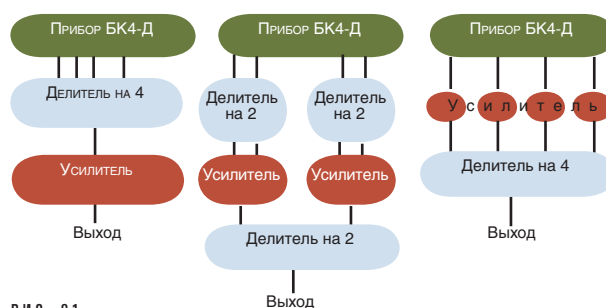


Рис. 21.

Варианты подключения усилителей к антенной решетке

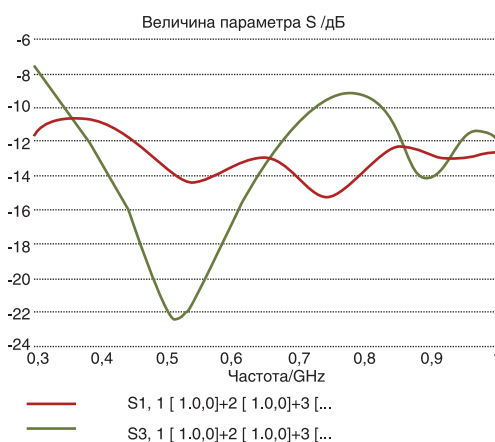


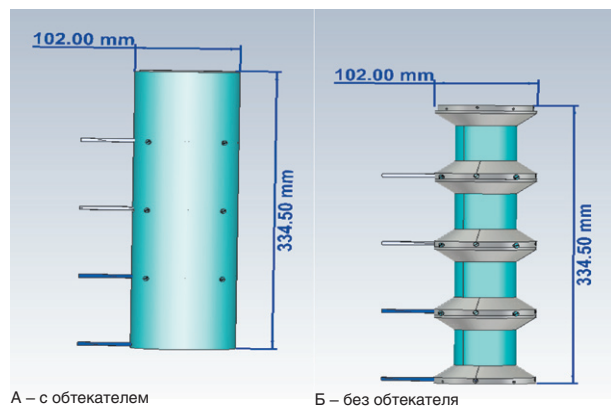
Рис. 22.

Расчетные графики обратного отражения входов прибора БК4-Д по диапазону частот

тор (ОСХО/ТСХО) с возможностью внешней GPSDO-подвязки.

Используются дискретные ВЧ-компоненты (усилители, фильтры, смесители), а не интегрированные «все-в-одном» решения, что повышает управляемость тракта и его адаптивность.

Разделение аналоговой и цифровой части на уровне материалов: аналог – RF-материал, цифровая



А – с обтекателем

Б – без обтекателя

РИС. 23.

Прибор ДК4-Д

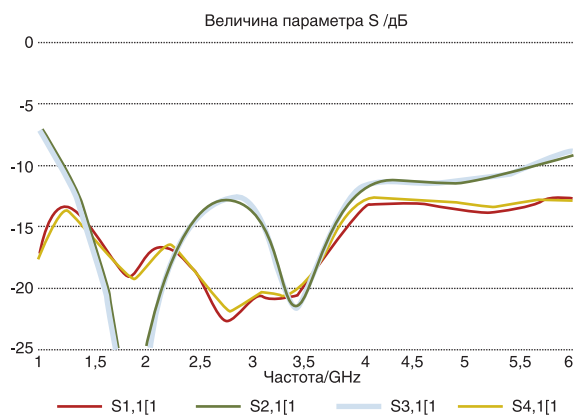


РИС. 24 .

Расчетные графики обратного отражения входов прибора ДК4-Д по диапазону частот

часть – FR-4. Импедансные трассы реализованы по микрополосковой или стриплайновой архитектуре с контролем отражений. Полностью раздельные «земли»: аналоговая, цифровая, силовая. Соединяются в одной точке через сеть развязки и дросселей. Вывод всех ВЧ-каналов через SMA разъемы с защитой от ЭМИ. Внешний вид модуля ЦППМ-К представлен на рисунке 26.

3.4 Система электропитания

Система электропитания комплекса и входящие в нее модули преобразования электропитания необходимы для формирования первичного электропитания (24 В) и вторичных напряжений электропитания, необходимых для функционирования составных частей комплекса.

Состав системы электропитания указан на рисунке 27:

- аккумуляторная батарея 24 В с зарядным устройством;
- преобразователь электропитания AC/DC (220/24);
- модуль вторичных источников питания (модуль ВИП);
- дизель-генератор 220 В, 50 Гц.

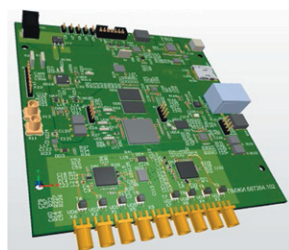


РИС. 26.

Внешний вид модуля ЦППМ-К

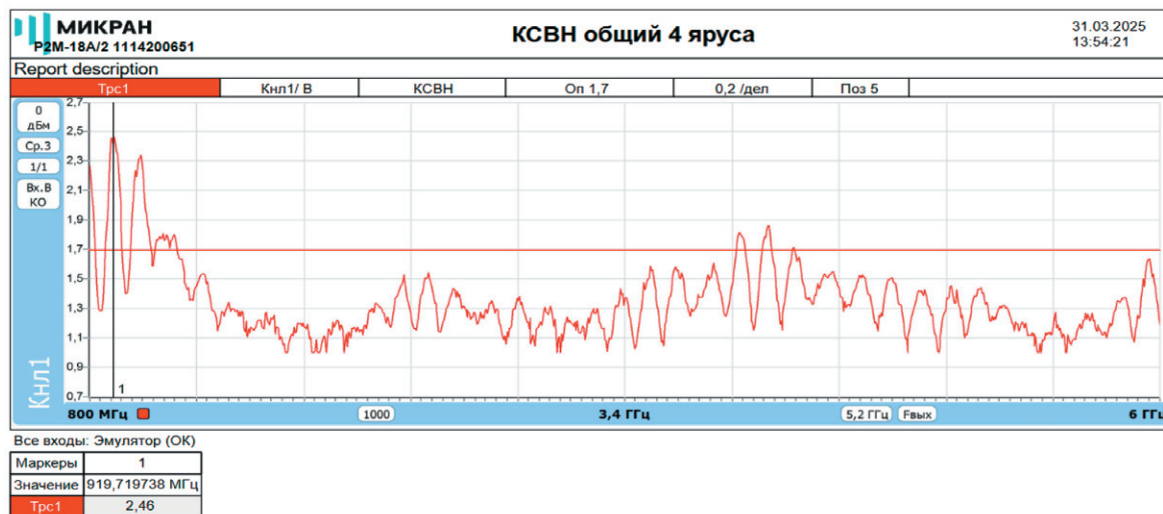


РИС. 25.

Измеренный график КСВ прибора ДК4-Д

4. ТАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА

Развертывание комплекса выполняется вблизи защищаемого объекта. При необходимости длительно-го нахождения на позиции электропитание комплекса осуществляется от дизельного генератора, при постоянной смене позиций – от внутренней аккумуляторной батареи. При размещении комплекса основными параметрами, которые необходимо учитывать, являются сектора приема и излучения сигналов, указанные на рисунке 28.

Развертывание комплекса осуществляется в следующей последовательности:

1. Подготовка мачты.

2. Крепление антенной системы на мачту.
3. Развертывание мачты и ее установка.
4. Подключение антенной системы к блоку обработки сигналов и формирования помех.
5. Подключение электропитания (аккумуляторной батареи или дизельного генератора).

Время развертывания комплекса не превышает 10 минут.

В целях наиболее эффективного применения, развертывание комплекса необходимо выполнить на возвышенности, тем самым увеличив дальность воздействия на приемник видеосоинформации (очки оператора).

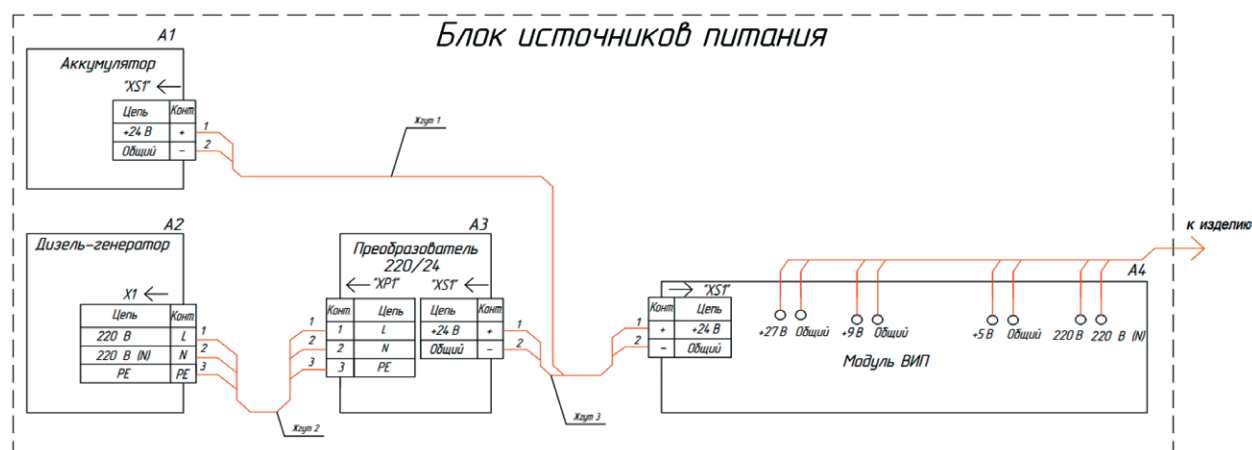


РИС. 27.

Структурная схема электропитания комплекса

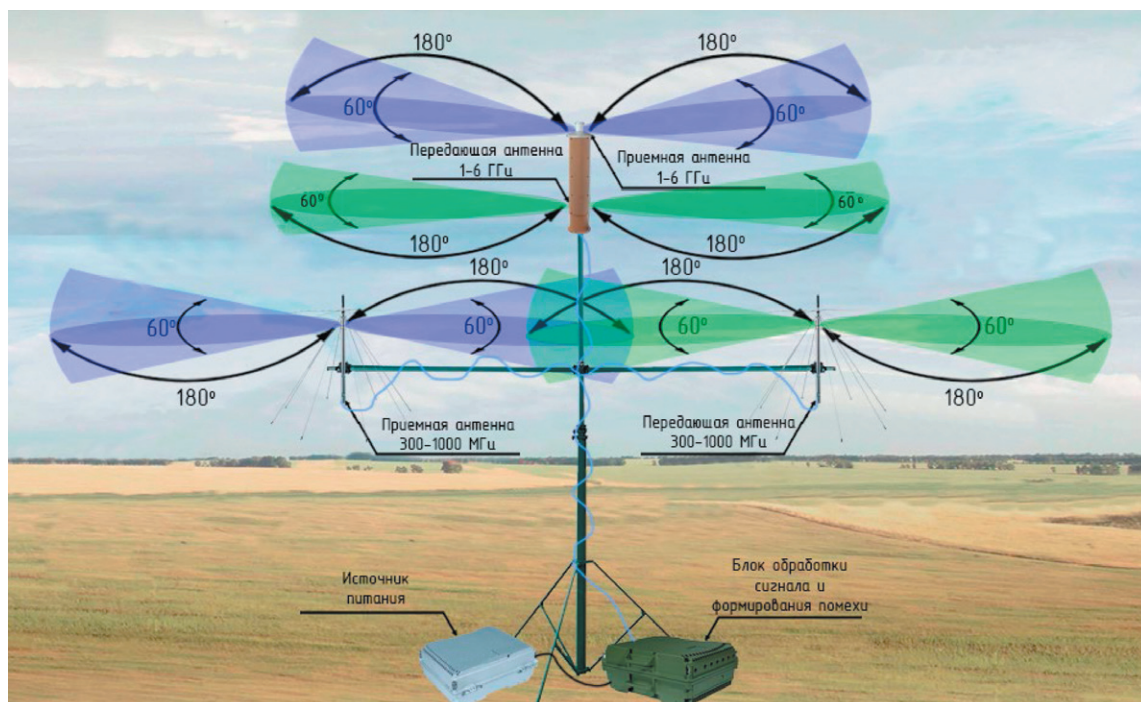


РИС. 28.

Сектора приема и излучения сигналов комплексом

Комплекс полностью автоматизирован, требует участия личного состава только в части транспортирования, разворачивания, включения электропитания и осуществления дозаправки дизельного генератора, а также зарядки встроенного аккумулятора.

Включение комплекса осуществляется сразу после подачи электропитания.

На корпусе блока обработки сигнала и формирования помех размещен индикатор исправности комплекса.

На аккумуляторной батарее имеется индикатор уровня заряда.

Схема применения комплекса указана на рис. 29.

При обнаружении сигналов управления и передачи видеoinформации, излучаемых атакующими БПЛА, комплекс излучает помеховые сигналы. Помеховый сигнал, предназначенный для подавления каналов управления, излучается в направлении атакующего БПЛА и приводит к потере управления. Помеховый сигнал, предназначенный для подавления каналов передачи видеoinформации, излучается в направлении оператора атакующего БПЛА и приводит к невозможности воспроизведения изображения на экране или в очках оператора. Результатом воздействия комплекса по БПЛА является невозможность выполнения боевой задачи и, соответственно, потере БПЛА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день проблема массового использования БПЛА является очень актуальной, поэтому необходимо иметь инструмент для их подавления.

В настоящей статье приведено обоснование путей построения комплекса радиоэлектронного подавления БПЛА. В результате проработки исходных данных предложена концепция построения аппаратуры комплекса, предложен вариант, реализующий современную цифровую технологию формирования помеховых сигналов БПЛА.

Главными преимуществами предлагаемого комплекса являются: автономность, широкий диапазон обслуживаемых рабочих частот, всеракурсность приема сигналов и излучения помех, формирование помех прицельных по частоте, малое время разворачивания и готовности к работе, а также высокая мобильность.

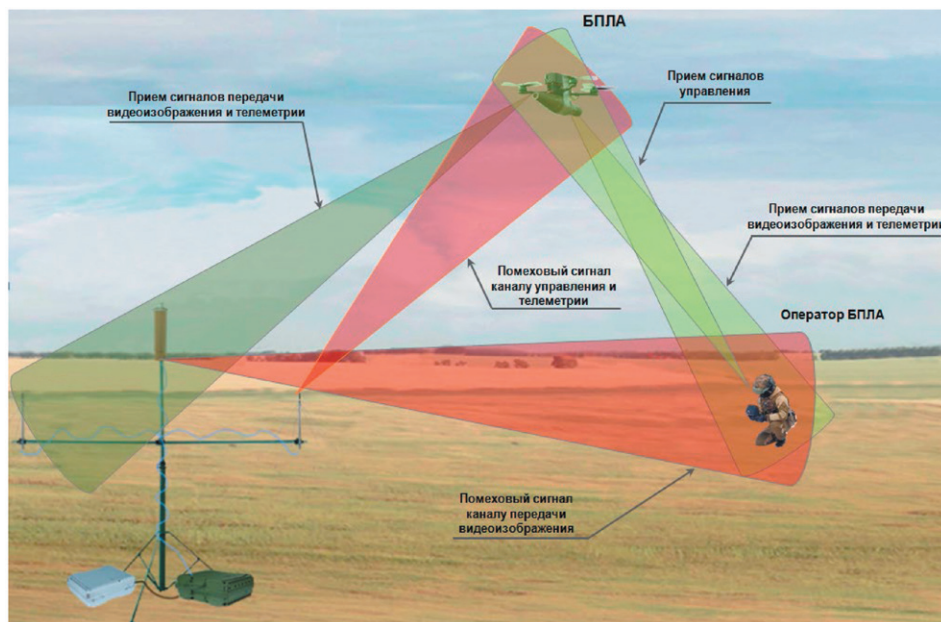


РИС. 29.

Схема применения комплекса

Результатом воздействия комплекса на БПЛА является потеря управления и/или невозможность воспроизведения изображения на экране (или очках) у оператора на большой дистанции, что, соответственно, приводит к невозможности выполнения боевой задачи и потере БПЛА.

Данный комплекс сможет обеспечить надежную защиту наземных объектов от БПЛА в радиусе 1 км.

Разработанный комплекс имеет открытую архитектуру построения, что позволяет расширять его состав (при необходимости) без значительных технических проблем.

Исмятов Д.Ш.,
инженер АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

☎ тел. +7 (499) 263-91-55, e-mail: id359@mail.ru

Кудрявцев А.С.,
инженер АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

☎ тел.: +7 (499) 263-98-04,
e-mail: sashakudryavtsew@mail.ru;

Морозов А.А.,
инженер АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

☎ 107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 20, стр. 9,
107078, Russia, Moscow, st. Novaya Basmanная, 20, 9
тел.: +7 (499) 263-98-04,
e-mail: alexandermorozof@gmail.com