

РАЗНОРОДНЫЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОСАДКИ БЛА

ДРЯГИН Д.М.
ГД АО «КТ-БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ»

Возможные принципы. Достоинства и недостатки



I. С НАЗЕМНОЙ ПОДДЕРЖКОЙ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ

- **Спутниковая**

Достоинства: доступность, точность

Недостатки: низкая помехоустойчивость

- **Радиолокационная**

Достоинства: всепогодность, помехоустойчивость

Недостатки: стоимость, необходимость юстировки, отражения от земли в боковых лепестках могут влиять на точность

- **Радиокоординатометрия**

Достоинства: совмещенный широкополосный канал связи и канал измерений, большая дальность

Недостатки: двухкоординатные измерения (пеленг и дальность), низкая точность

ОПТИЧЕСКИЕ

- **ЛСОК**

Достоинства: точность, помехоустойчивость (условно, т.к. измерения нужно передавать на борт по радиоканалу)

Недостатки: метеозависимость, малая дальность

- **Видеонавигация по ИК маякам**

Достоинства: помехоустойчивость, автономность

Недостатки: малая дальность, точность зависит от геометрии расположения маяков, метеозависимость

II. АВТОНОМНЫЕ МЕТОДЫ

- Видеонавигация по карте и известным ориентирам

Достоинства: автономность

Недостатки: необходимость точных БД, метеозависимость

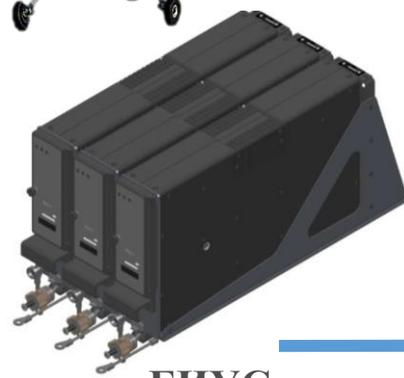
Структура системы посадки



ЛС



ЛС



БИУС



КСУ



БИНС



НИУС



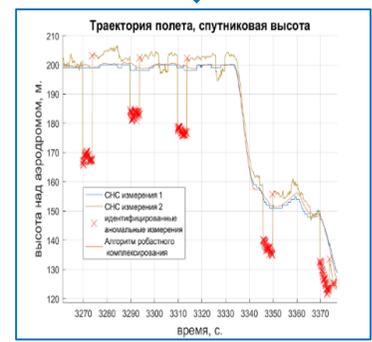
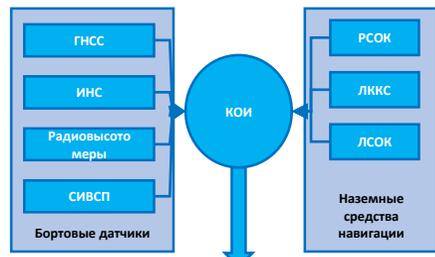
ККС



РСОК



ЛСОК





1.1 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Контрольно-корректирующая станция сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS



РАЗРАБОТЧИК

АО «КТ-Беспилотные системы»

НАЗНАЧЕНИЕ

Предназначена для работы в составе средств обеспечения автоматического взлета и посадки БЛА, а также для определения и выдачи корректирующей информации к сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS с целью повышения точности и надежности местоопределения

ФУНКЦИИ

- Прием и обработка сигналов стандартной точности СТ (ГЛОНАСС) и С/А (GPS) диапазона L1 ГНСС ГЛОНАСС/GPS;
- Формирование и выдача потребителям дифференциальных поправок по всем спутникам, находящимся в зоне радиовидимости, в виде кадров сообщений типов 1 и 31 по ГОСТ Р 53612-2009;
- Непрерывный анализ качества формируемой корректирующей информации, контроль целостности навигационного поля.



Формы Протокола Е
ГОСТ РВ 2.902-2009
Экз. № 1

<p>УТВЕРЖДАЮ Начальник Управления перспективных межвидовых исследований и специальных проектов <i>[Signature]</i> С.Е. Панков «28» 12 2019 г.</p>	<p>УТВЕРЖДАЮ Генеральный конструктор АО «Кронштадт» <i>[Signature]</i> Н.Н. Долженков «12» 12 2019 г.</p>	<p>УТВЕРЖДАЮ Генеральный директор АО «КТ-Беспилотные Системы» <i>[Signature]</i> Д.М. Дрягин «09» 12 2019 г.</p>
---	---	--

РЕШЕНИЕ

«20» 12 2019 г. № 85-Р г. Москва

Управления перспективных межвидовых исследований и специальных проектов, АО «Кронштадт», АО «КТ-Беспилотные Системы» по утверждению Заключения 257 ВП МО РФ по рассмотрению конструкторской документации на изделие Контрольно-корректирующая станция сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ККС ГНСС) к утверждению и присвоению литеры «О1».

Краткое содержание: утверждение Заключения 257 ВП МО РФ по рассмотрению конструкторской документации на изделие Контрольно-корректирующая станция сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ККС ГНСС) к утверждению и присвоению литеры «О1».

<p>СОГЛАСОВАНО Начальника 2 отдела УПМИ <i>[Signature]</i> В.А. Морозик «12» 12 2019 г.</p>	<p>СОГЛАСОВАНО Главный конструктор АО «Кронштадт» <i>[Signature]</i> Д.В. Евстафьев «12» 12 2019 г.</p>	<p>СОГЛАСОВАНО Зам. генерального директора АО «КТ-Беспилотные Системы» <i>[Signature]</i> С.С. Дыбов «09» 12 2019 г.</p>
---	---	--

Экз. № 1

Генеральному директору
Акционерного общества
«КТ - Беспилотные системы»
Д.М. ДРЯГИНУ
Малый проспект В.О., д. 54, корпус 5, лит. П,
г. Санкт-Петербург, 199178

Начальнику
Научно-исследовательского центра
(г. Люберцы, Московская область)
Федерального государственного
бюджетного учреждения «Центральный
научно-исследовательский институт
Военно-воздушных сил» Министерства
Оборонной Российской Федерации
115038/МОЗВ
г. Люберцы, почтовое отделение 3,
Московская обл., 140003

Сообщаю, что каталогические описания на изделия, разработанные в рамках СЧ ОКР «ККС-БЛА» соответствуют требованиям нормативных документов системы каталогизации предметов снабжения Вооруженных Сил Российской Федерации и включены в автоматизированный банк данных системы каталогизации предметов снабжения Вооруженных Сил Российской Федерации с присвоением указанных изделий следующих федеральных номерных номеров:

Анализатор трекерный (Rotor-Fix) Kit SM T21	- 1710571666779;
Антенна С/А/СТ-72ХТ11-80Х18	- 5920571666780;
Блок грозоразрядный АСПМ-468559.001	- 5920571666781;
Ветская планка 5х20 3,15А	- 5920571666782;
Втулка АСПМ-71631.001	- 5365571666783;
Контрольно-корректирующая станция сигналов глобальных навигационных спутниковых систем	- 5826571666784;
Модуль типа 1 АСПМ-468164.001	- 5826571666785;
Модуль типа 4 АСПМ-436434.001	- 6130571666786;
Трекер с оптическим портретом А112-D8-SM	- 1710571666787;
Фильтр ГНСС АСПМ-468543.006	- 5985571666788;
Фильтр ГНСС АСПМ-468543.004	- 5985571666789;
Штатив 69-101	- 1710571666790;
Штатив S1609F-QS	- 1710571666791;

Заместитель начальника института по научной работе *[Signature]* В.Гладышевский

СОСТАВ

- базовый блок с входящими в него унифицированными модулями и модулями электропитания;
- антенно-фидерная система с входящими в неё антеннами ГНСС (3 шт.) и ВЧ кабельной сетью;
- блок грозозащитников.



Преимущества

- Создана на базе ККС морского базирования, которая хорошо себя зарекомендовала на практике
- Трехкратное резервирование вычислительных блоков и трехкратное резервирование линий связи
- Повышение степени резервирования аппаратуры за счет реализации функции опорной станции, станции интегрального контроля, контрольной станции и удаленной контрольно-управляющей станции программными методами
- Повышенная помехоустойчивость за счет использования полосовых фильтров в аппаратуре приемников ГНСС сигналов
- Возможность замены неисправных модулей в «горячем» режиме без выключения ККС
- Гибкий протокол информационного взаимодействия, позволяющий получать расширенную информацию (вплоть до «сырых» измерений)
- Простота эксплуатации, компактность и низкое энергопотребление

Технические характеристики



Параметр	Значение
Основные технические характеристики	
Типы принимаемых сигналов (три независимых входных канала)	ГЛОНАСС L1, GPS L1 Прием сигналов ГЛОНАСС L2, GPS L2, L2C, L5, BeiDou B1, B2, GALILEO E1, E5a, E5b, AltBOC, SBAS, QZSS
Точность относительных навигационных определений с доверительной вероятностью 0,95 (2σ) при геометрическом факторе пространственного определения (PDOP) менее 4.0, при удалениях от ККС до 30 км: по плановым координатам, м по высоте, м	не более 2 не более 4
Частота выдачи корректирующей информации, Гц	1
Время готовности к работе (с момента включения до выдачи корректирующей информации), мин	не более 3
Время непрерывной работы, ч	не менее 30
Напряжение питания (постоянного тока), В	27
Мощность потребления, Вт	не более 20
Условия эксплуатации (ГОСТ РВ 20.39.304-98)	Группа 1.3, исполнение УХЛ
Рабочая повышенная температура, °С: для базового блока (эксплуатация в отапливаемых кузовах/контейнерах) для АФС (эксплуатация на открытом воздухе)	-10..+50 -40..+50
Предельная температура, °С	-50..+65

Радиолокационная система определения координат (РСОК)



■ РАЗРАБОТЧИК

ПАО «Радиофизика»

■ НАЗНАЧЕНИЕ

Дополнительное автономное координатное обеспечение БЛА на этапах взлета и захода на посадку

■ ФУНКЦИИ

- Определение фактических координат БЛА;
- Автоматизированная юстировка и выставка;
- Автоматический допоиск и сопровождение цели по «грубому» целеуказанию

■ СОСТАВ

- Радиолокационный модуль (РЛМ);
- Бортовой радиолокационный ответчик (БРО);
- Комплект монтажных частей





Преимущества

- **Круглосуточное и всепогодное обнаружение и идентификация БЛА, определение координат и его автоматическое сопровождение в диапазоне скоростей БЛА от 0 до 200 км/ч**
- **Система позволяет точно позиционировать БЛА при невозможности использовать сигналы спутниковых навигационных систем**
- **Малые габариты и вес. Вес составных частей не превышает 15 кг**
- **Используется в существующих комплексах с БЛА**

Технические характеристики

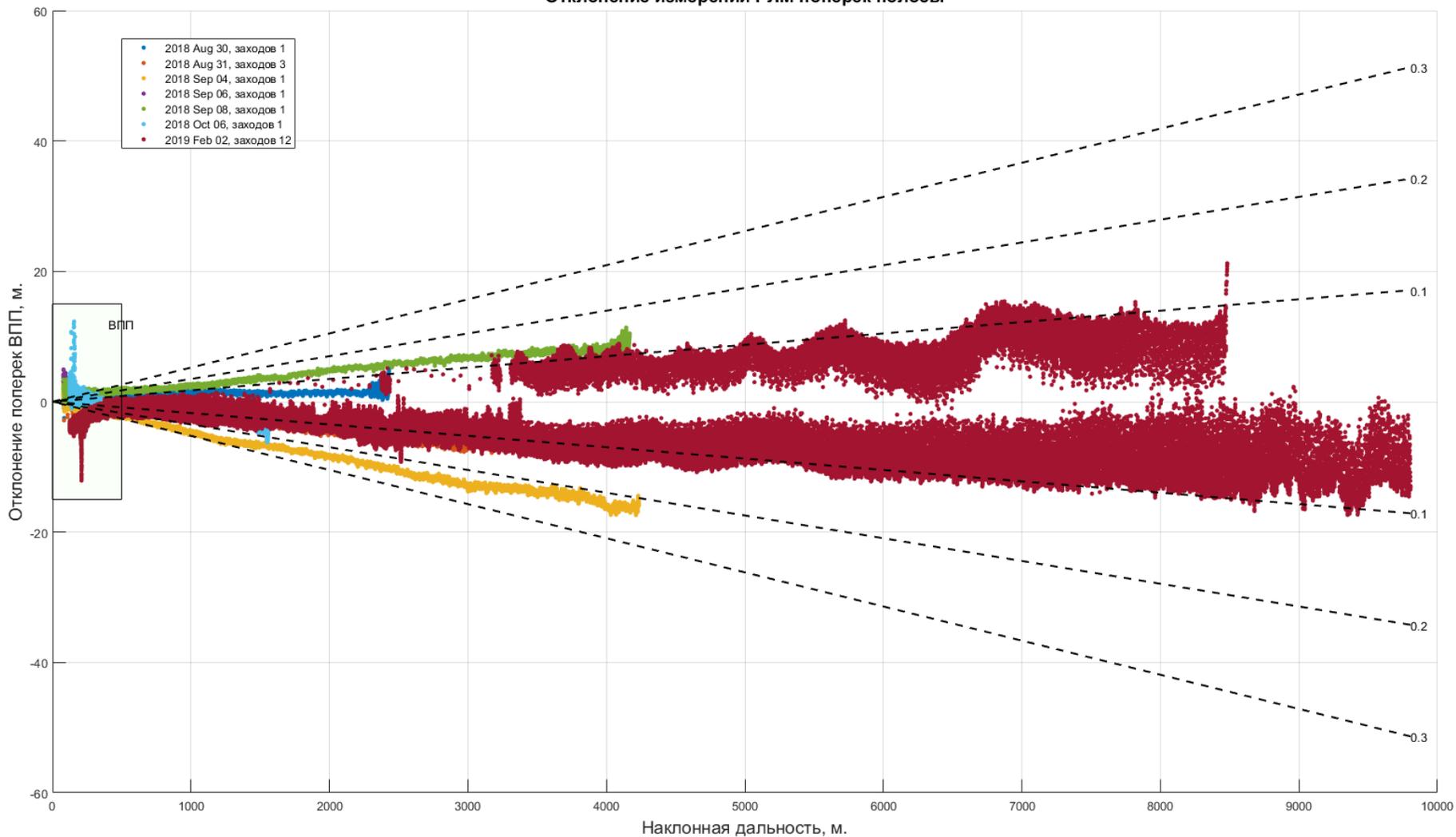


Параметр	Значение
Минимальная дальность обнаружения	15 м
Максимальная дальность обнаружения	не менее 25 км
Диапазон измерения угла места	верхняя полусфера
Диапазон измерения азимута	от 0° до 360°
Максимальная угловая скорость механического сканирования	не менее 10°/с
Угол захвата по азимуту	±20°
Угол захвата по углу места	±20°
Максимальная частота выдачи информации	1000 Гц
Погрешность определения дальности	не более 3 м на максимальной дальности не более 1 м на дальности менее 3 км
Погрешность определения азимута и угла места	не более 0,1°
Время поиска и захвата БЛА в зоне захвата	не более 10 с

Результаты летных испытаний РСОК



Отклонение измерений РЛМ поперек полосы



Радиокоординатный метод



- Совмещенная функция широкополосного канала связи и измерений координат
- Дальность до 150 км
- Позволяет достаточно точно привести БЛА в зону действия аэродромных систем посадки (РСОК, ЛСОК, ИК маркеров)



1.2. ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Лазерная система определения координат (ЛСОК)

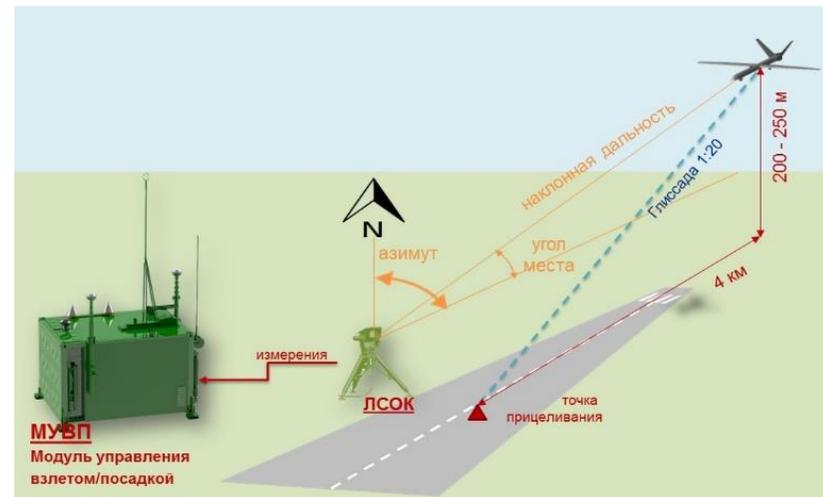


■ НАЗНАЧЕНИЕ

- Решение задачи обеспечения точных и достоверных данных о фактическом положении БЛА на этапе посадки;
- Система позволяет точно позиционировать БПЛА при невозможности использовать сигналы спутниковых систем навигации и создавать систему автоматической посадки без использования активных транспондеров

■ ЛСОК ОБЕСПЕЧИВАЕТ

- Автоматический захват и угловое сопровождение (азимут и угол места) БЛА при его движении по посадочной глиссаде и пробеге по ВПП;
- Определение наклонной дальности до БЛА;
- Автоматизированное приведение линии визирования измерительного блока в направление ожидаемого появления БЛА;
- Автоматическое сканирование сектора воздушного пространства в направлении ожидаемого появления БЛА ($\pm 40^\circ$ от оси ВПП)



Технические характеристики



Параметр	Значение
Минимальная наклонная дальность захвата и сопровождения	50 м
Максимальная наклонная дальность захвата и сопровождения *	8 000 м
Диапазон измерения угла места	от -10° до 70°
Диапазон измерения азимута	от -180° до +180°
Максимальная угловая скорость линии визирования сопровождаемой цели по углу места и азимуту	не менее 10°/с
Угол обзора в режиме поиска БПЛА	по азимуту ±40° по углу места 10°
Частота выдачи информации	не менее 40 Гц
Погрешность определения дальности	не более ±1.5 м
Погрешность определения азимута	±6 угловых минут
Погрешность определения угла места	±6 угловых минут
Примечание - * В условиях прозрачной атмосферы при метеорологической дальности видимости не менее 10 км	





Система посадки по ИК маякам

МАРКЕР 850

ИНФРАКРАСНЫЙ



Маркер инфракрасный 850 разработан Группой «Кронштадт» для установки вблизи ВПП в качестве маяков для автономной системы посадки беспилотных летательных аппаратов.

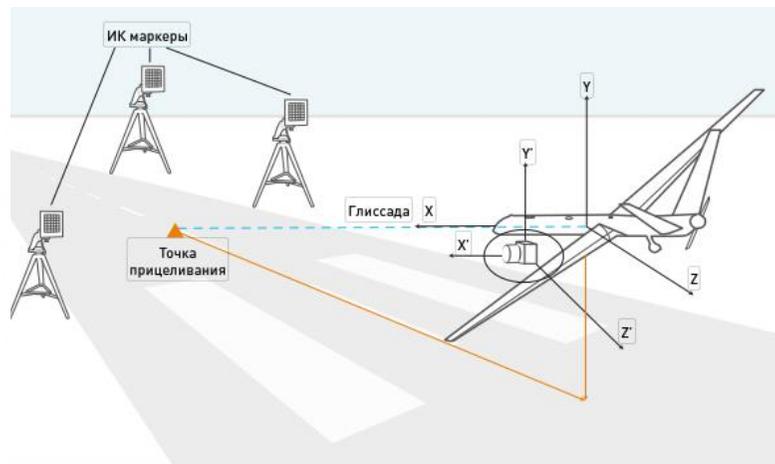
НАЗНАЧЕНИЕ

Комплект маркеров входит в состав инфракрасной системы посадки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Эта система обеспечивает автоматическое выполнение высокоточной посадки на взлетно-посадочные полосы, улавливающие устройства и палубы авианесущих кораблей.

Инфракрасные маркеры служат наземными метками. Камера видимого диапазона с установленным узкополосным светофильтром осуществляет визуальный контроль и обнаружение маркеров. Полученные данные передаются в блок обработки информации.

В результате анализа взаимного расположения изображения маркеров друг относительно друга на получаемых кадрах система определяет координаты БПЛА в пространстве с точностью, достаточной для безопасной посадки.

По средствам беспроводного радиоканала в маркерах реализована возможность изменения яркости и частоты моргания в широком диапазоне, при этом устройства синхронизируются друг с другом через коммутационный кабель.



ОПИСАНИЕ	СПЕЦИФИКАЦИЯ
Центральная длина волны источника излучения, мкм	0,85
Суммарный энергетический поток источников излучения в непрерывном режиме, Вт	не менее 30
Расходимость луча в азимуте и углу места, град.	10 по уровню 0,5





II. АВТОНОМНЫЕ МЕТОДЫ



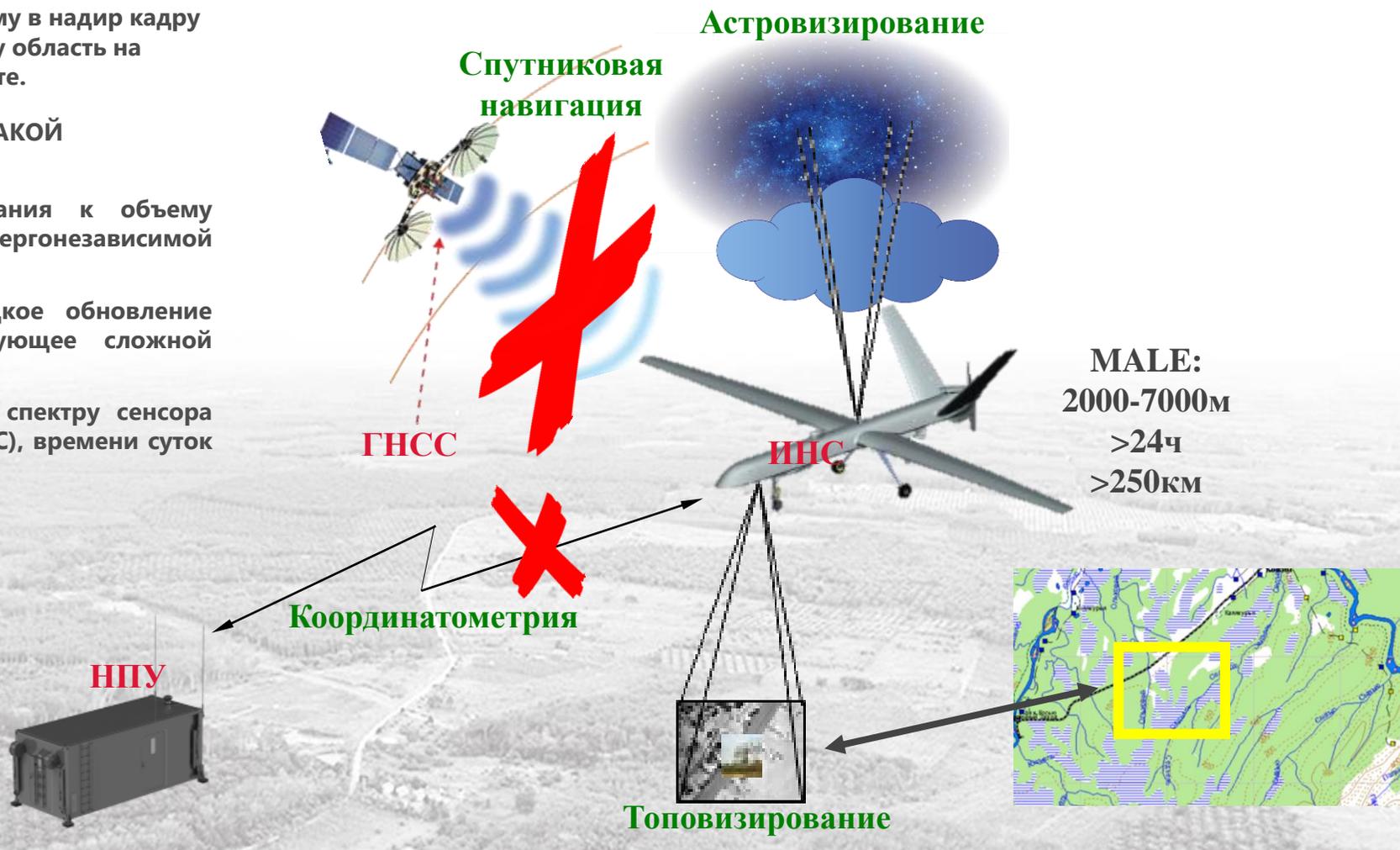
Постановка задачи

ЗАДАЧА

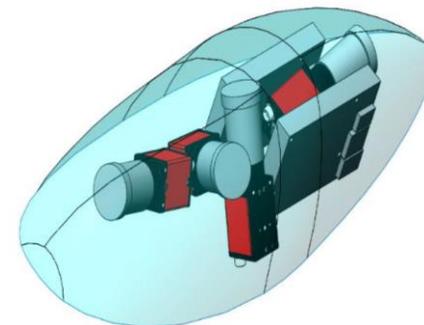
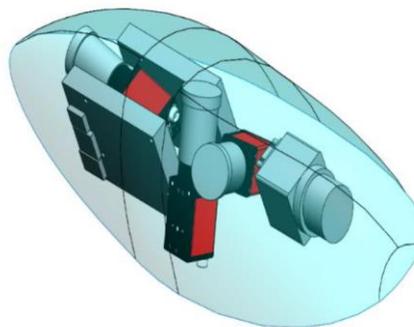
Определить по снятому в нади́р кадру соответствующую ему область на топографической карте.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТАКОЙ ПОСТАНОВКИ

1. Низкие требования к объему бортовой энергонезависимой памяти
2. Достаточно редкое обновление карт, не требующее сложной предобработки
3. Устойчивость к спектру сенсора (видео, ИК, БРЛС), времени суток и года



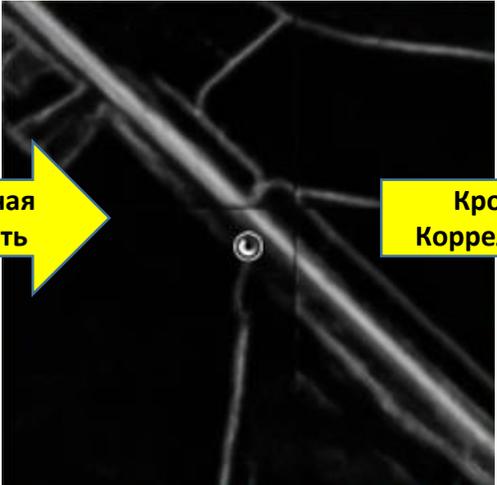
Оптико-электронная система. Обзорно-навигационная



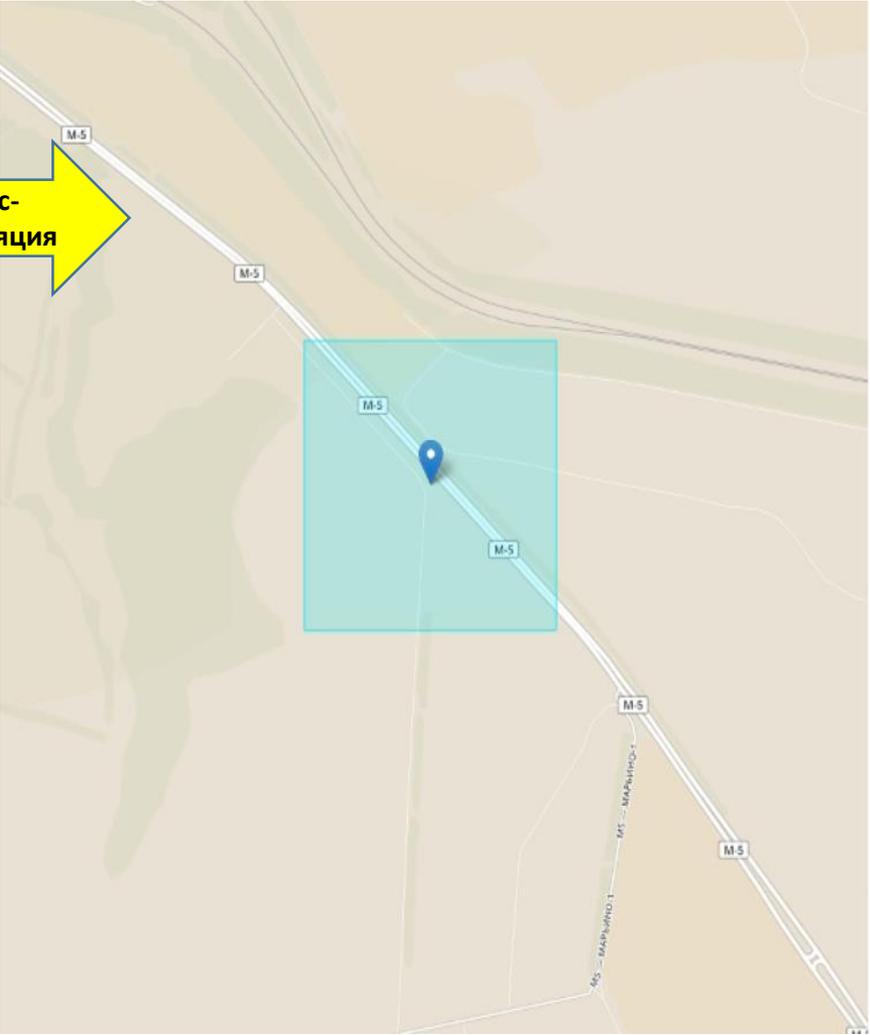
Предлагаемый алгоритм решения задачи



Сверточная
нейросеть



Кросс-
Корреляция

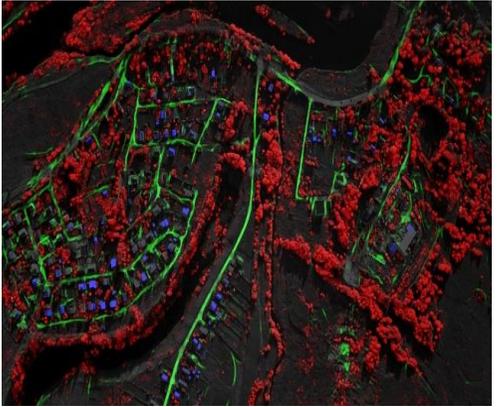


Исходный кадр с МОЭС

Сегментация по
топографическим слоям

Сопоставленный по шаблону (сегментации)
участок векторной карты

- **ОСНОВНАЯ ИДЕЯ**
Первичная декомпозиция на компоненты (слои) и далее покомпонентный корреляционный анализ
- **МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ**
Распараллеливаемые векторные и матричные вычисления



Сегментация дорог,
растительности и строений

Оптико-электронная система обзорно-навигационная ОЭС-ОН (АО «КТ-Беспилотные Системы»)

Предназначена для обзора пространства и подстилающей поверхности в фиксированных направлениях, определения координат БПЛА в составе комплекса бортового оборудования БПЛА

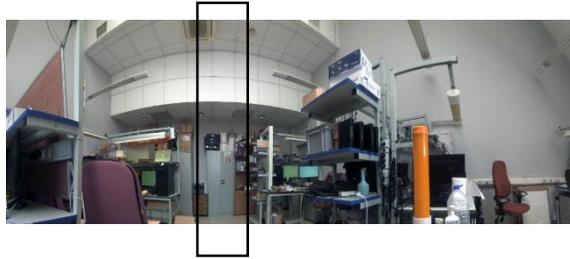
Характеристика	Значение
Интерфейс информационного обмена	Ethernet 100BASE / DVI
Напряжение питания, В	27
Потребляемая мощность, Вт	не более 135
Время непрерывной работы, ч	не менее 30
Диапазон рабочих температур, °С	-60... +55°С
Габаритные размеры, мм	493x163x96,6
Масса, кг	не более 4,0
Модуль видимого диапазона – передний обзор	3 камеры
Угол обзора, ...°	180
Максимально разрешение, пикселей	7000x1900
Модуль ИК диапазона – передний обзор	1 камера
Угол обзора, ...°	40°
Максимально разрешение, пикселей	640x480
Модуль видимого диапазона – заднего обзора	1 камера
Угол обзора, ...°	100°
Максимально разрешение, пикселей	2592x1944
Модуль определения координат	2 камеры
Погрешностью определения координат	±250 м (для высоты 5000 м)
Частота выдачи координат в режиме полет по маршруту	1 Гц
Рабочая высота полета	от 700 до 10000 м
Радиальным отклонением координат при заходе на посадку	(5 + 0,1·d) м, где d – удаление от торца ВПП
Частота выдачи координат в режиме заход на посадку	10 Гц
Рабочая высота полета	от 15 до 500 м

Обеспечивает решение задач навигации беспилотного летательного аппарата (БПЛА) по изображению подстилающей поверхности путем сличения текущего изображения, получаемого камерой, с эталонным изображением, полученным средствами аэро, космической разведки (КЭНС)

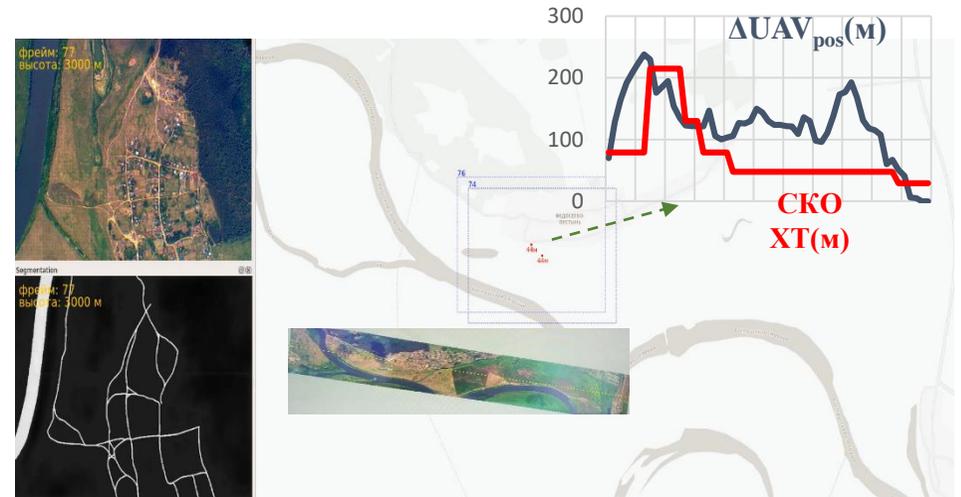
Перспективы применения технологии искусственного интеллекта



- Построения панорамного изображения с помощью двух дополнительных боковых камер



- Определение местоположения БПЛА с ПО КСА НЧ



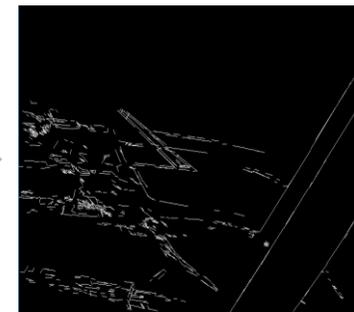
- Обеспечение обнаружения стационарных и движущихся наземных объектов с опасными относительно движения БПЛА траекториями



- Поиск и обнаружение ВПП и определение взаимных координат



Исходный кадр



Итоговый кадр с выделенной полосой

Бортовая система обработки информации



Изделие предназначено для интеллектуальной обработки разнородных потоков видовой информации на борту, включая такие функции как:

- Ведение базы данных видовой информации, выполнение пространственно-временных запросов на доступ к ней;
- Адаптивное сжатие видовой информации на основе алгоритмов H.264, в т.ч. для реализации потоковой трансляции;
- Определение положения летательного аппарата при посадке;
- Определение положения летательного аппарата в ходе полета по топографическим картам;
- Автоматическое распознавание объектов в потоке видовой информации;
- Автоматическое распознавание групповых структур объектов;
- Предиктивный анализ состояния бортового радиоэлектронного оборудования

Ключевые технологии:

- Параллельные высокопроизводительные вычисления;
- Регистрация, хранение и доступ к большим объемам данных;
- Технологии компьютерного зрения;
- Технологии самообучающихся нейросетей

