

# Атомная точность без ГНСС

Гибрид ИФРНС/ОСХО/MFGN для роя БПЛА



Научно-коммерческое обоснование

2025

# Глушение ГНСС — смерть для автономных роев

## Критическая уязвимость ГНСС



- Сигналы ГНСС легко **подавляются** средствами РЭБ
- Мощность сигнала ГНСС на Земле: **-130 дБм**
- Для подавления достаточно передатчика мощностью **1-5 Вт**
- Спуфинг позволяет **перехватить управление** роем

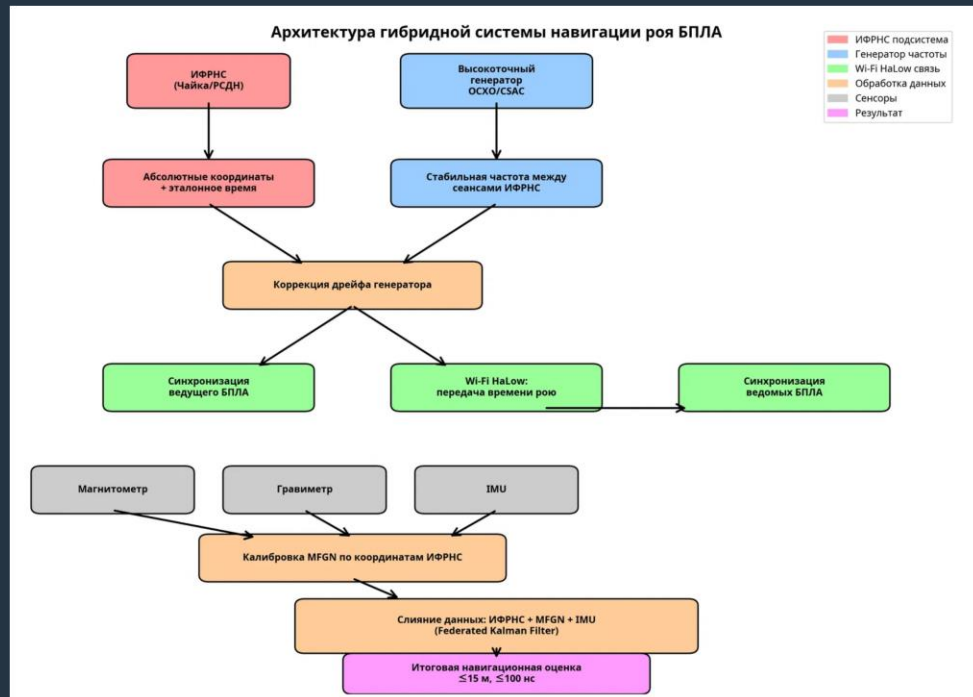
Последствия потери ГНСС для роя БПЛА



## Почему MFGN+Wi-Fi недостаточно?

Технология	Преимущества	Недостатки
Магнитные карты (MFGN)	Не требует внешних сигналов	Низкая точность (50-200 м)
Wi-Fi HaLow	Дальняя связь (1 км+)	Низкая точность синхронизации (>500 нс)
Инерциальные системы (IMU)	Работает без сигналов	Накопление

# Решение: Архитектура гибридной системы



## Ключевые компоненты

### ИФРНС

Базовая навигация и эталонное время. Устойчивость к РЭБ благодаря работе в диапазоне СДВ.

Точность: 20-50 м, время: 100 нс

### Высокоточный генератор OCXO/CSAC

Поддержание стабильности времени между сеансами ИФРНС. Снижение дрейфа.

Стабильность:  $1e^{-11}$  (OCXO),  $1e^{-12}$  (рубийд)

### Магнитные карты (MFGN)

Альтернативная навигация при временном отсутствии ИФРНС. Калибруется по ИФРНС.

Точность с коррекцией:  $\leq 15$  м

### Wi-Fi HaLow

Передача эталонного времени в рое. Синхронизация ведомых БПЛА.

Точность синхронизации:  $\leq 100$  нс

# Прорыв: ИФРНС + генератор как фундамент

## Синергия ИФРНС и высокоточного генератора

### ИФРНС: устойчивость к РЭБ

Работа в диапазоне СДВ (100 кГц) обеспечивает **в 1000 раз большую** устойчивость к глушению по сравнению с ГНСС (1.5 ГГц)

### Генератор: стабильность времени

ОСХО/CSAC генераторы обеспечивают **стабильность  $10^{-11}$  -  $10^{-12}$** , что позволяет сохранять точное время до 60 минут

### Взаимная коррекция

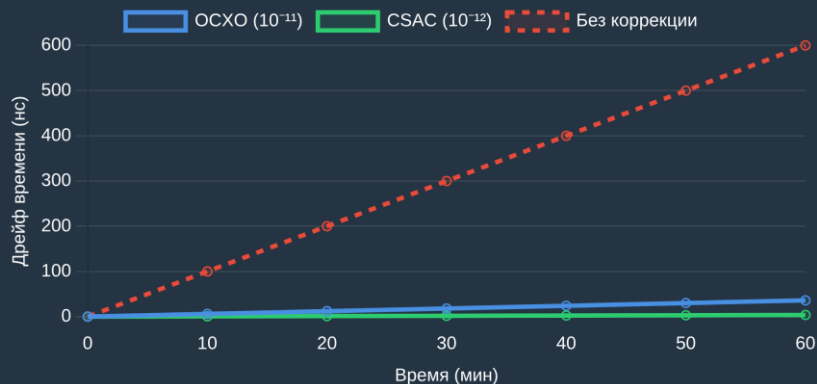
ИФРНС корректирует дрейф генератора, а генератор обеспечивает **непрерывность** при временной недоступности ИФРНС

### Распространение в рое

Ведущий БПЛА передает эталонное время ведомым через Wi-Fi HaLow с точностью  **$\leq 100$  нс**

## Расчеты стабильности времени

Дрейф времени при различных типах генераторов



## Ключевые показатели

Точность ИФРНС

**100 нс**

Дрейф ОСХО за час

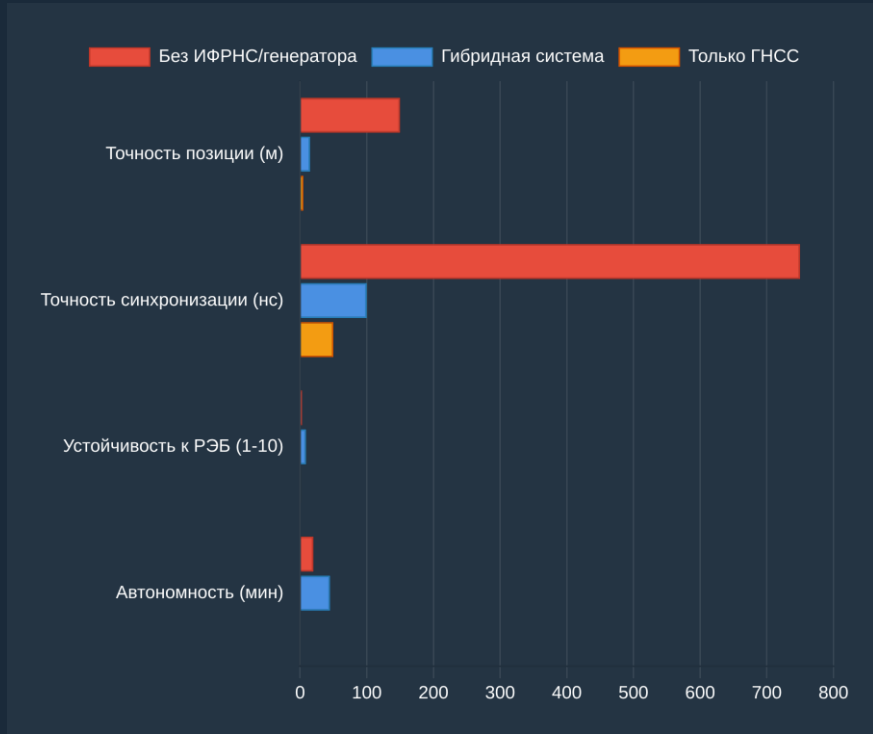
**36 нс**

Дрейф CSAC за час

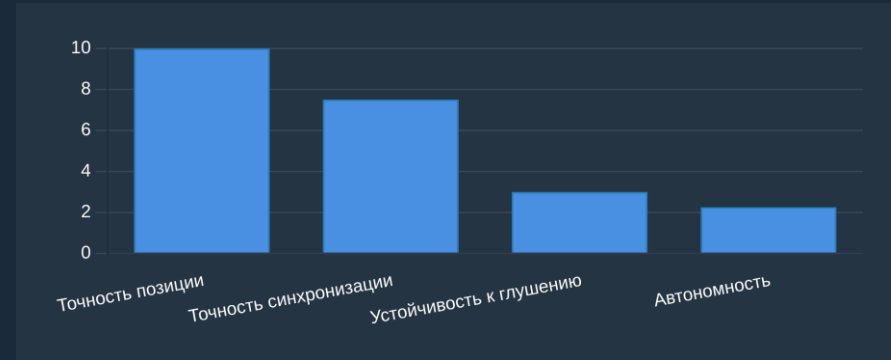
Точность синхронизации роя

# Технические преимущества

## Сравнение эффективности



## Кратность улучшений



## Деградация точности при потере ИФРС



# Оборудование и интеграция

## Ключевые компоненты

### Приемник ИФРНС "ПОИСК-М"

Прием сигналов ИФРНС в диапазоне СДВ

Точность позиции:	20-50 м
Точность времени:	100 нс
Энергопотребление:	5-8 Вт



### Генератор ОСХО "СИГМА-Т"

Высокоточный термостатированный генератор

Стабильность:	$1e^{-11}$
Энергопотребление:	1-3 Вт
Масса:	50-100 г



### Wi-Fi HaLow модуль

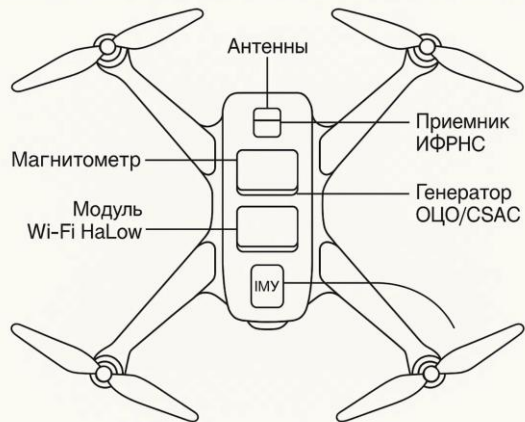
Модуль связи для синхронизации роя

Дальность:	до 1 км
Энергопотребление:	0.5-1 Вт
Точность синхронизации:	$\leq 100$ нс



## Интеграция на БПЛА

### РАЗМЕЩЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ НА БПЛА

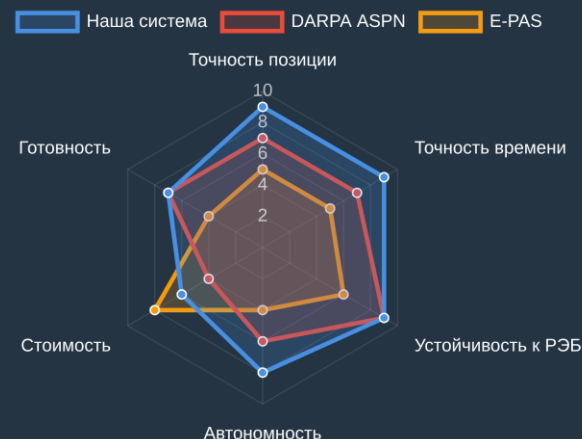


### Технические характеристики системы

Общая масса:	<b>300-450 г</b>	Рабочая температура:	-40...+85°C
Энергопотребление:	<b>7-12 Вт</b>	Время запуска:	$\leq 60$ сек

# Сравнение с зарубежными аналогами

Параметр	Наша система	DARPA ASPN	Европейский E-PAS
Основная технология	ИФРНС + ОСХО + MFGN	Мультисенсорная интеграция	Galileo + локальные сети
Точность позиции	≤15 м (при РЭБ)	25-30 м (при РЭБ)	40-50 м (при РЭБ)
Точность синхронизации	≤100 нс	≤250 нс	≤500 нс
Устойчивость к РЭБ	Высокая	Высокая	Средняя
Автономность	30-60 мин	15-30 мин	5-15 мин
Стоимость	Средняя	Высокая	Низкая
Стадия разработки	Прототип	Прототип	Концепция



## Ключевые отличия

### DARPA ASPN (США)

- Универсальный подход к интеграции сенсоров
- Высокая сложность и стоимость
- Зависимость от множества источников

### Европейский E-PAS

- Мультисенсорная интеграция Galileo

# Уникальное торговое предложение

Единственная система, гарантирующая точность  $\leq 15$  м при 100% глушении ГНСС

## Ключевые преимущества

### Непревзойденная устойчивость к РЭБ

Работа в условиях полного подавления ГНСС благодаря использованию ИФРНС в диапазоне СДВ и высокоточных генераторов.

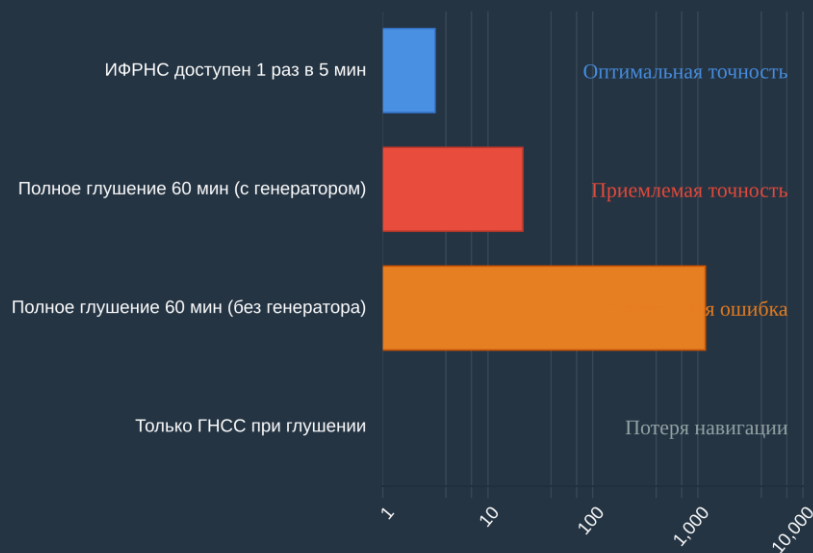
### Гарантированная точность

Точность позиционирования  $\leq 15$  м и синхронизации  $\leq 100$  нс даже при периодическом доступе к ИФРНС (1 раз в 5 минут).

### Автономность

До 60 минут автономной работы при полном отсутствии внешних сигналов с сохранением приемлемой точности.

## Сценарии РЭБ





# Этапы внедрения

## Дорожная карта проекта

1

### Пилотные испытания (3-6 месяцев)

- ✓ Тестирование на малых группах БПЛА (3-5 единиц)
- ✓ Отработка алгоритмов в различных условиях РЭБ
- ✓ Оптимизация энергопотребления и массогабаритных характеристик

2

### Сертификация (6-9 месяцев)

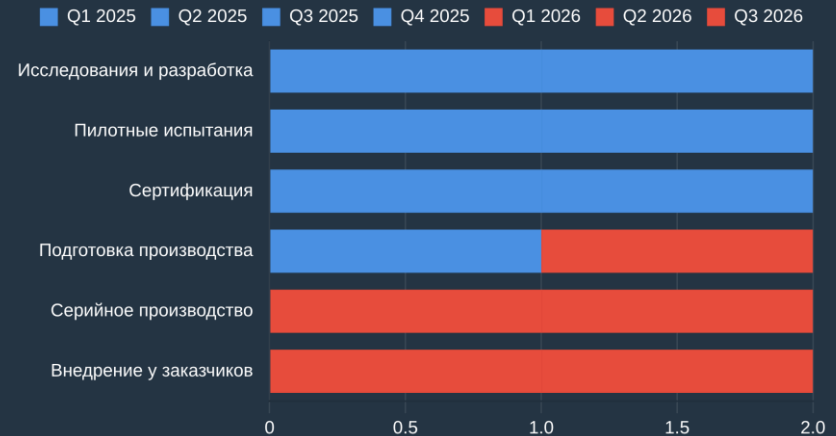
- ✓ Получение сертификатов соответствия требованиям
- ✓ Проведение государственных испытаний
- ✓ Подготовка документации для серийного производства

3

### Серийное производство (9-12 месяцев)

- ✓ Запуск производственной линии
- ✓ Обучение персонала заказчика

## График реализации



## Ключевые показатели внедрения

Срок окупаемости

**2-3 года**

Экономия на потерях БПЛА

**до 40%**

# Выводы

## Ключевые выводы



### Решена критическая проблема

Гибридная система обеспечивает **надежную навигацию и синхронизацию** роя БПЛА в условиях полного глушения ГНСС



### Превосходство над аналогами

Точность позиционирования  $\leq 15$  м и синхронизации  $\leq 100$  нс превосходит зарубежные аналоги DARPA ASPN и E-PAS



### Технологическая готовность

Все компоненты системы **доступны и реализуемы** на отечественной элементной базе



### Перспективы развития

Дальнейшая миниатюризация, снижение энергопотребления и интеграция с другими системами БПЛА

## Этапы внедрения



### 2025 Q3-Q4: Прототип

Создание и лабораторные испытания прототипа системы



### 2026 Q1-Q2: Полевые испытания

Тестирование на реальных БПЛА в различных условиях



### 2026 Q3-Q4: Сертификация

Получение необходимых сертификатов и разрешений

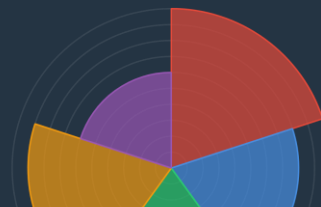


### 2027: Серийное производство

Запуск серийного производства и внедрение

## Потенциальные области применения

Приоритетность внедрения (1-10)



- Военное применение
- Гражданская авиация
- Логистика
- Мониторинг