

# Локальная навигационная система для позиционирования БЛА в условиях отсутствия сигналов ГНСС.

А.М. Бойко, А.А. Будза, А.Г. Кваско, П.В. Костырин,  
К.А.Максимов,  
Д.В.Ткаченко, П.Ю. Шамрай

**ІІТМО**



МАСТЕРСКАЯ  
РОЕВОЙ МЕХАНИКИ

# 1 Приборная база исследований

20 век

Радио + электромеханика  
+пьезоакселерометры

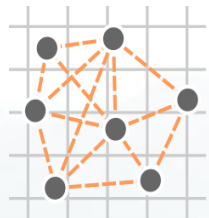
2010 годы добавили

MEMS+CortexM3+GPS +LiPo

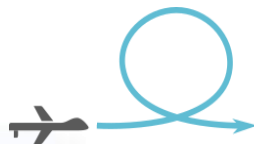


# 2

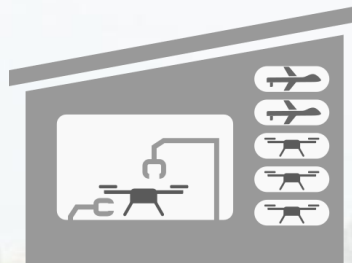
# 5 базовых элементов



АПК взаимного  
позиционирования



Высокоманевренный  
автопилот



Автономная станция  
базирования



Алгоритмы группового  
управления

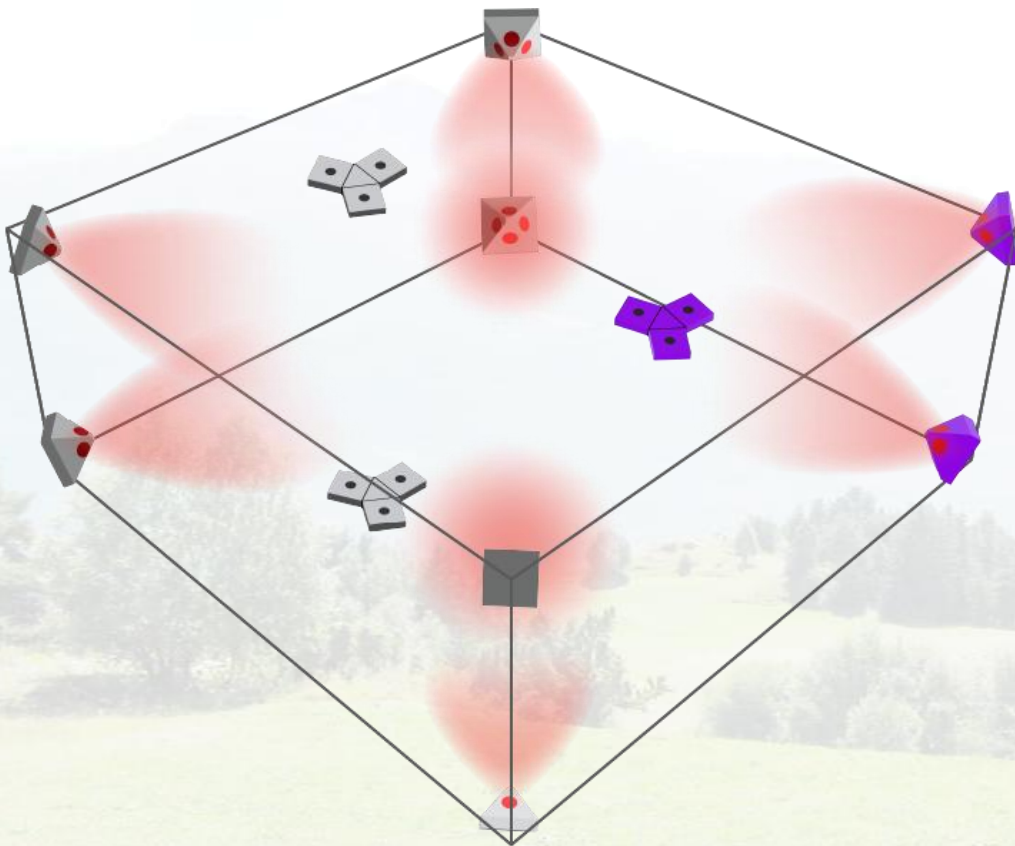


Облачная система  
управления  
заданиями

# 2а

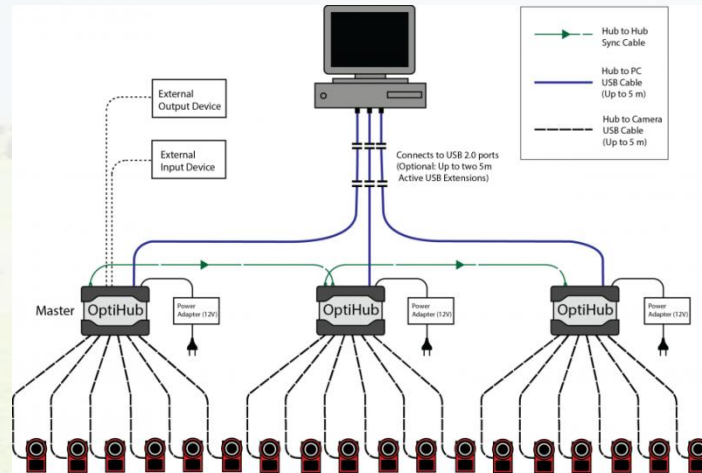
## концепция арены

**Высокопроизводительная  
оптоэлектронная система  
точного определения  
координат (ВОСТОК)**



# 3 VICON и OptiTrack

- Стоимость установки около 10 млн. руб
- Все данные с земли передаются на борт
- Эксперименты – пинг-понг на дронах





# 4 Требования к оборудованию

1. **Цена, соизмеримая с ценой учебного БЛА**
2. **Совместимость с учебными дронами по массе и габаритам**
3. **Гомогенность (не требуются данные от других систем)**
4. **Получение данных прямо на борту без радиосвязи с землей**
5. **Сквозная навигация, indoor-outdoor**
6. **Устойчивая работа при ярком свете, в темноте, пыли и т.п.**
7. **Возможность работы с разными типами бортов помимо мультикоптеров, включая самолёты, вертолёт и т.п.**
8. **Точность и производительность не хуже RTK GPS**

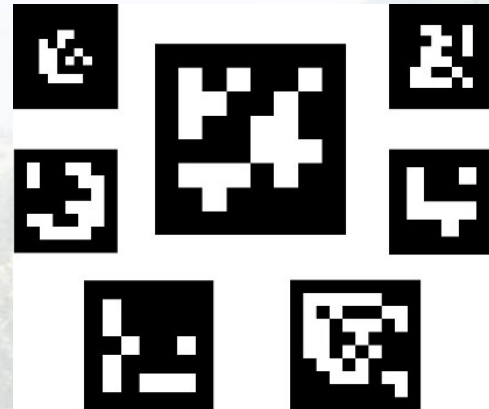
## Радио UWB



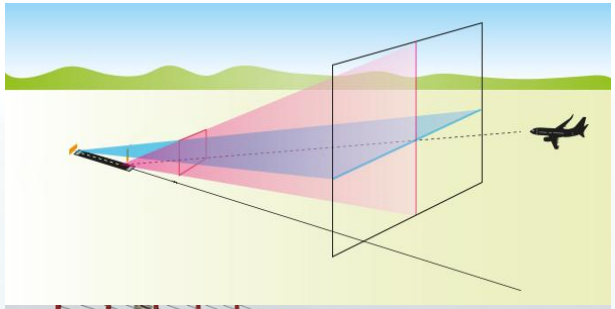
## Ультразвук



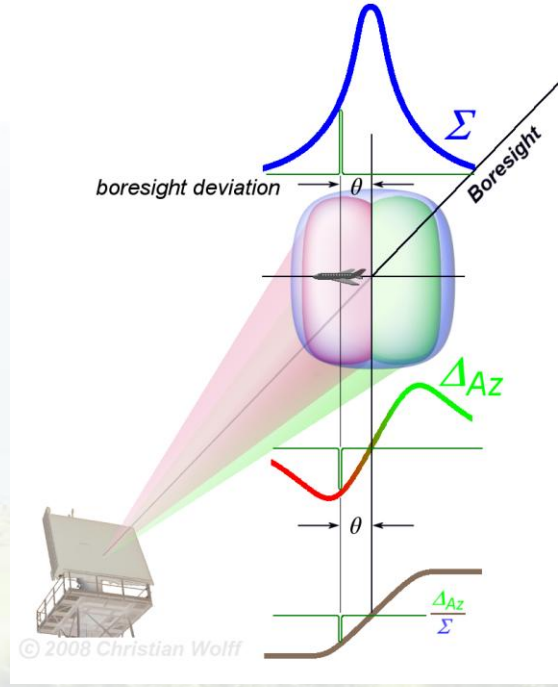
## ARUCO КОДЫ



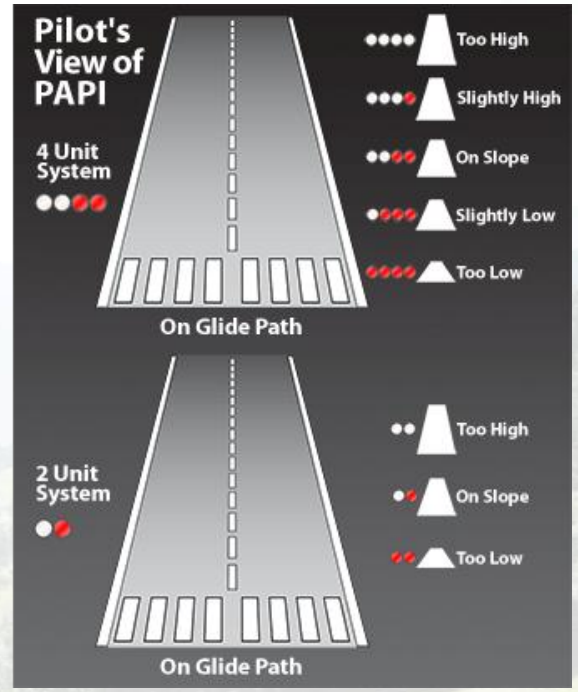
# 6 Решения из большой авиации



КГС (ILS)



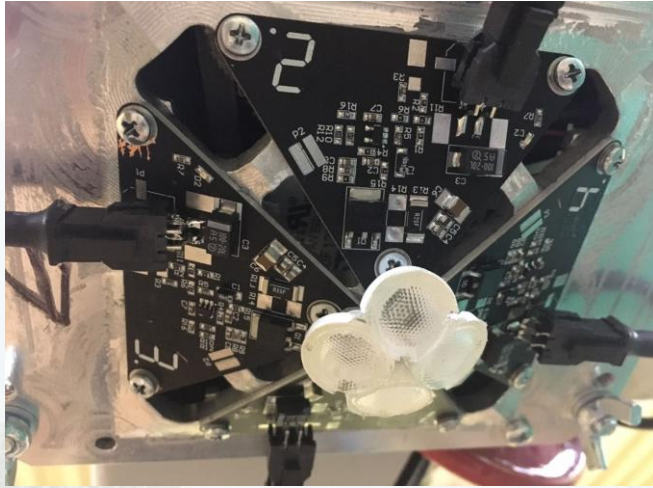
Моноимпульсная система



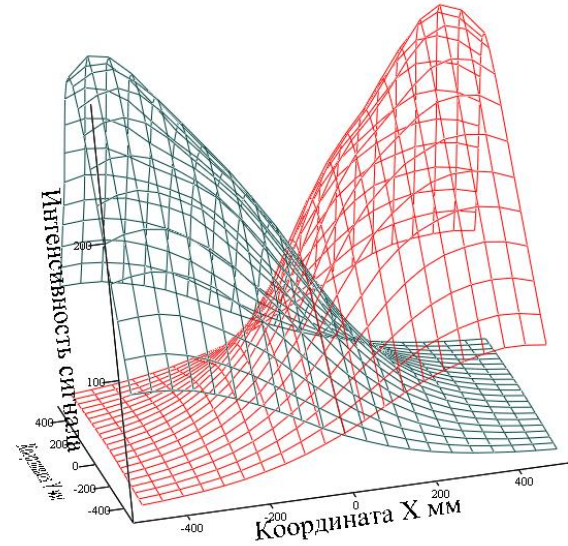
Огни PAPI



# 7 Оптоэлектронная КГС



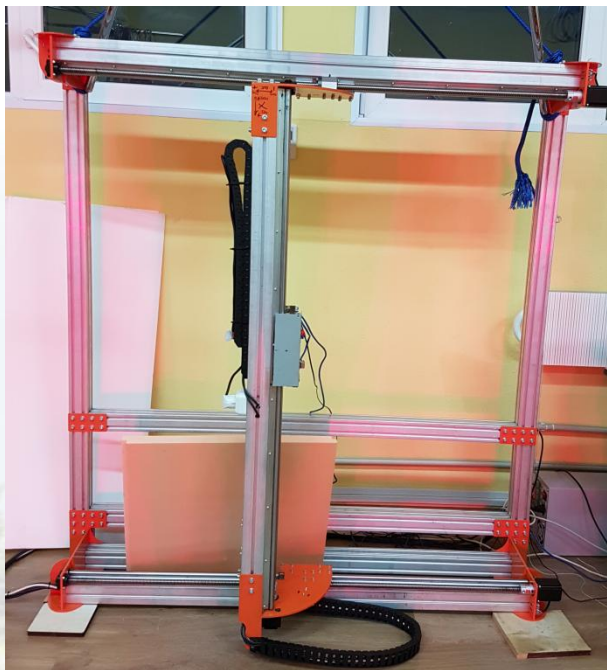
4x лучевой  
светодиодный  
маяк



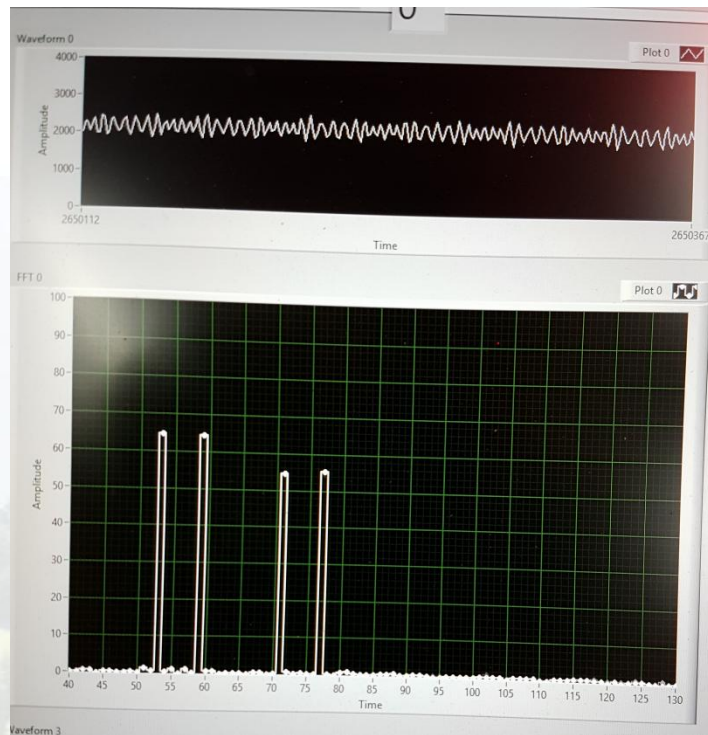
Интенсивности сигнала  
пары излучателей

# 8

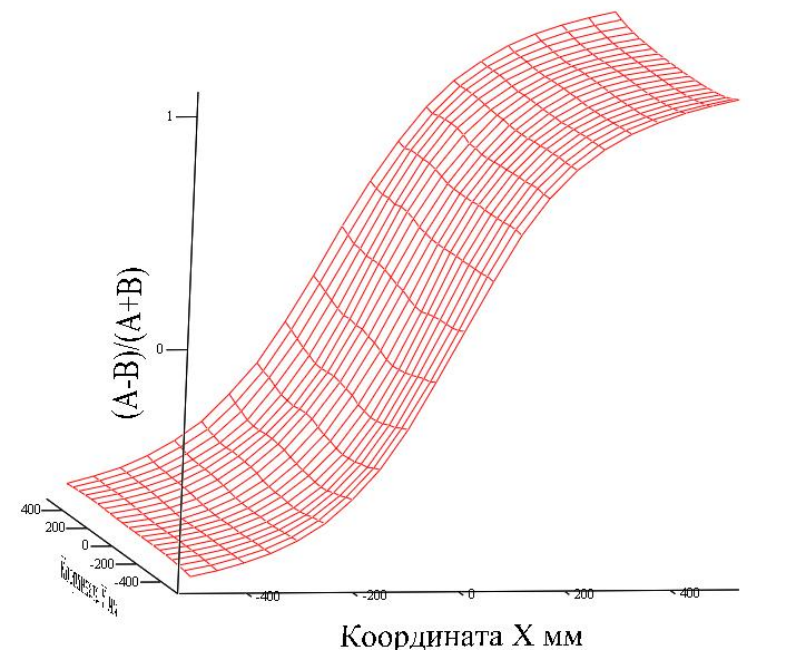
# Сигналы и калибровка



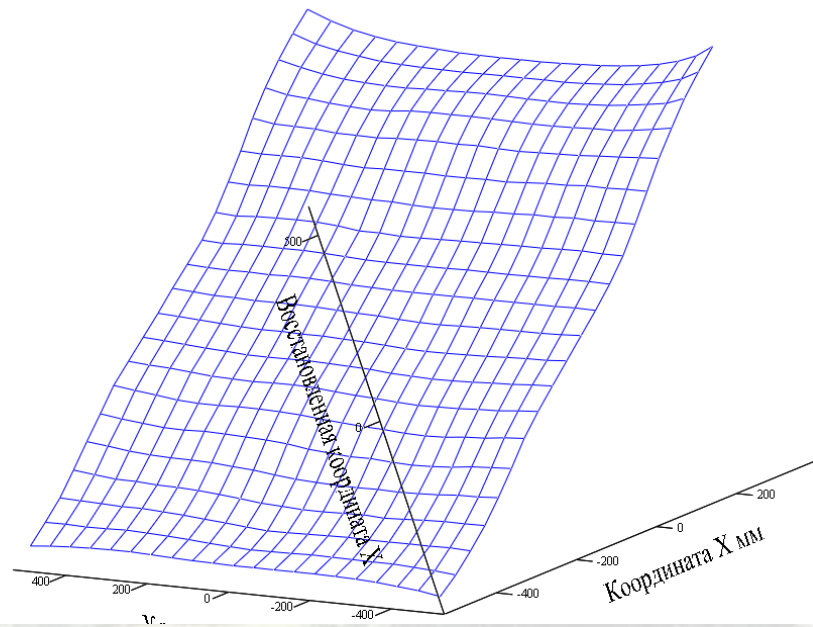
Калибровочный стенд



Принимаемый сигнал и выделенные гармоники 4х лучей



Суммарно-разностный  
сигнал

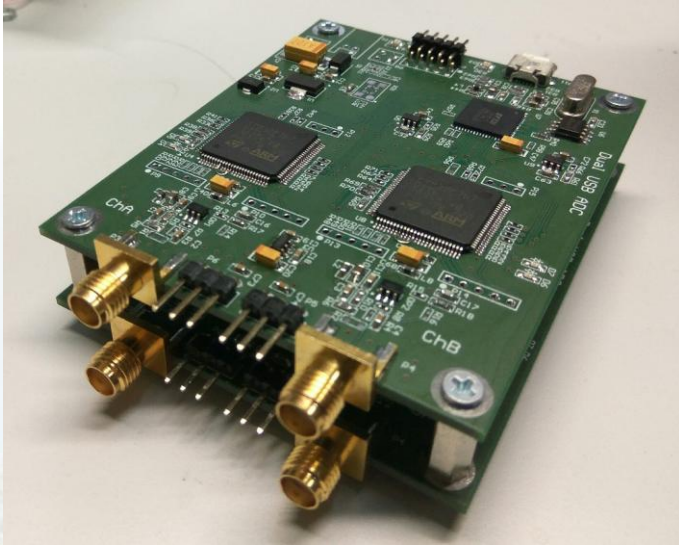


Восстановленная  
координата простейшим  
полиномиальным подгонкой

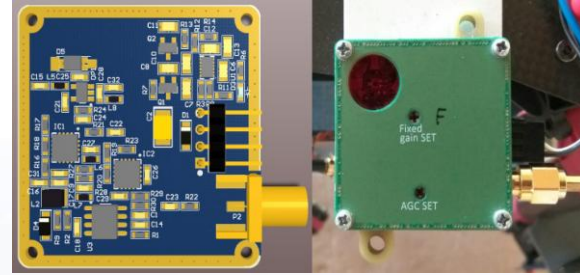


# 10

# Приборная часть



Плата оцифровки и  
обработки сигнала на  
базе STM32



Вид приемника и его  
печатной платы

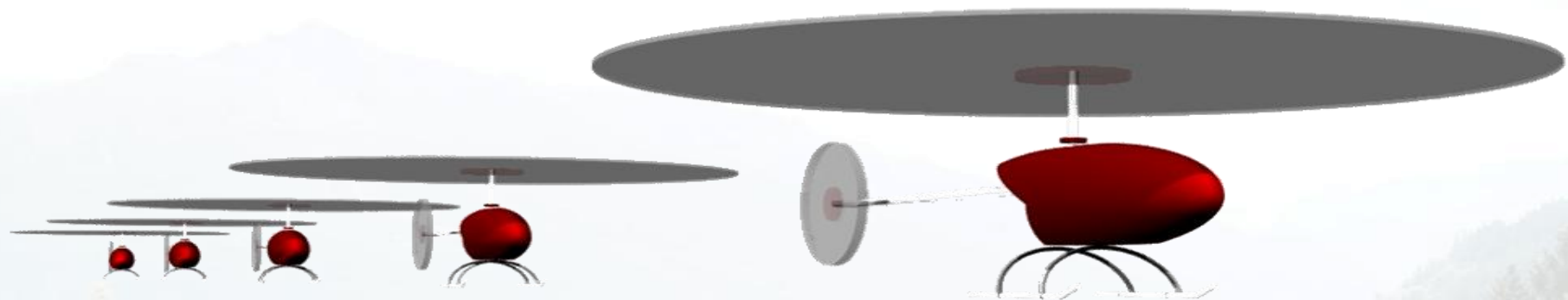
# 11 Результаты

- Частота измерений от **28125** Гц (3 канальный режим АЦП)
- Ошибка определения угла **0.1 °** (в 2х метрах от маяка, без усреднения)
- Ошибка оценки скорости менее **2см/с** ( в 2х метрах от маяка при усреднении 0.01 с)
- Количество одновременно принимаемых каналов – **не менее 32**
- Дальность работы в узком луче ( $10^\circ$ ) более **30м**



# Выводы

- Комбинируя количество, положение и различные диаграммы направленности излучателей возможно создавать высокопроизводительную измерительную систему масштабами от настольной системы и до масштабов футбольного поля
- Система позволяет проводить исследования в области синтеза алгоритмов управления сложными пространственными манёврами и группового взаимодействия летающих робототехнических комплексов (БЛА)



**Спасибо за внимание**