

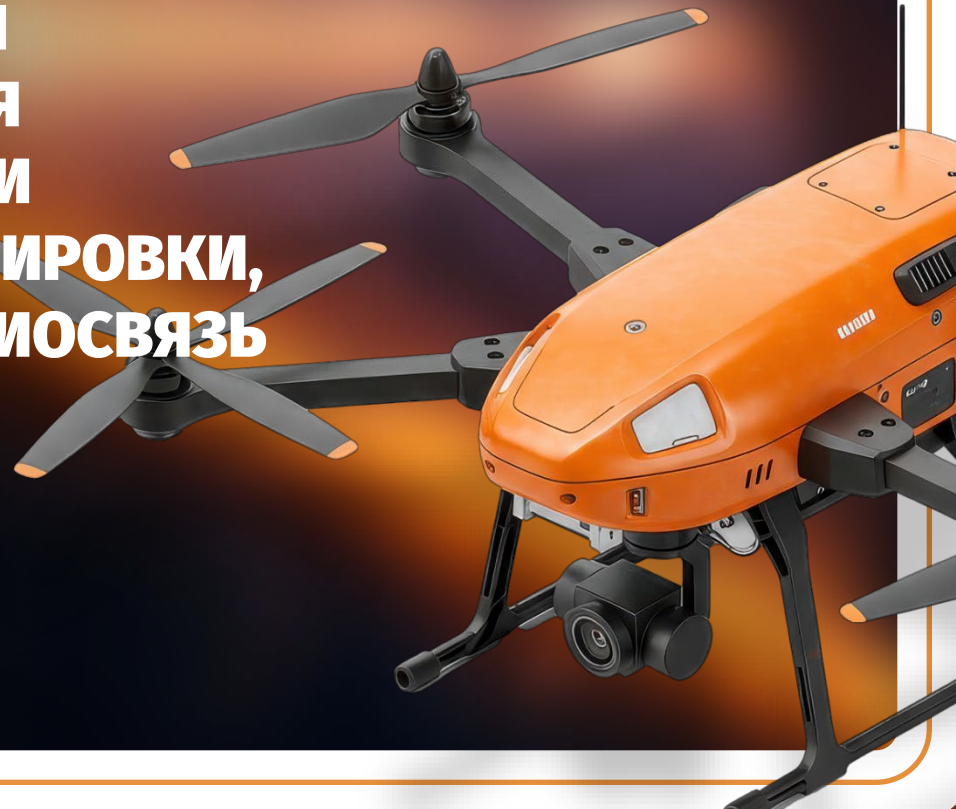
СПбГУТ)))



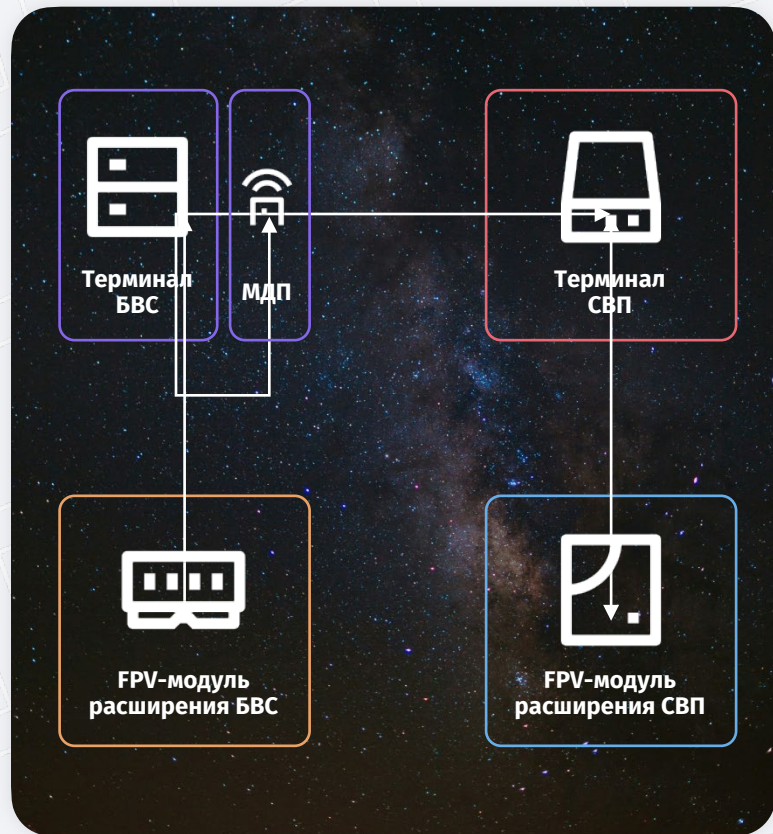
Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС FRV-УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ СИСТЕМАМИ ЧЕРЕЗ СПУТНИКОВЫЕ ГРУППИРОВКИ, МОБИЛЬНЫЕ СЕТИ И КВ-РАДИОСВЯЗЬ

Проректор по научной работе, д.т.н., доцент
Рабин Алексей Владимирович
rabin.av@sut.ru, +7 911 218 31 80



АРХИТЕКТУРА РЕШЕНИЯ



Компоненты архитектуры:

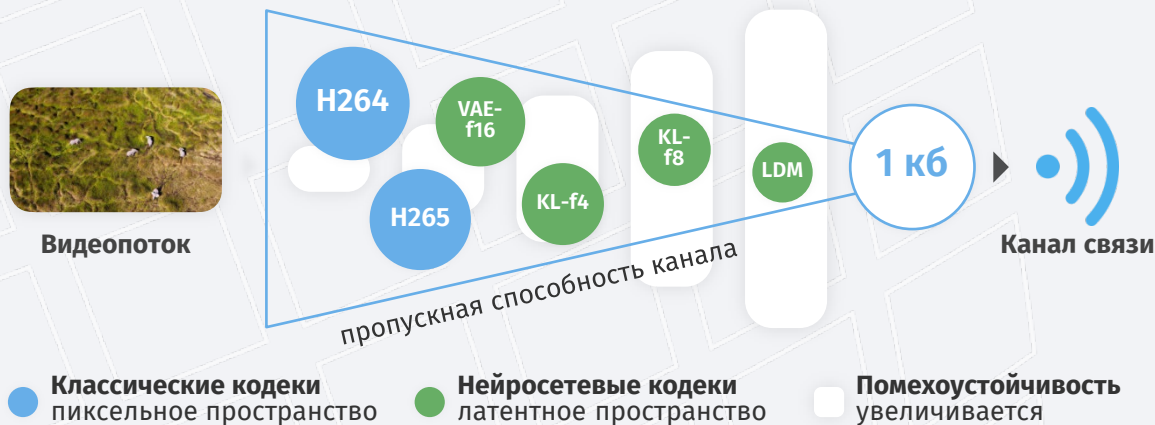
- **Терминал БВС** — управляет данными между БВС, СВП и Органами ОрВД в наземном и космическом сегментах ГОНСС.
- **FPV-модуль БВС** — адаптирует видеотелеметрию для передачи через терминал в зависимости от состояния сегментов ГОНСС; принимает команды от СВП.
- **Терминал СВП** — контролирует состояние сегментов ГОНСС и управляет передачей данных между СВП, БВС и Органами ОрВД.
- **FPV-модуль СВП** — декодирует видео, поддерживает качество сигнала, адаптирует команды управления для передачи через терминал.
- **Модуль дистанционного пилотирования** — обеспечивает управление БВС (включая FPV) и взаимодействие с Органами ОрВД.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕК РЕШЕНИЯ

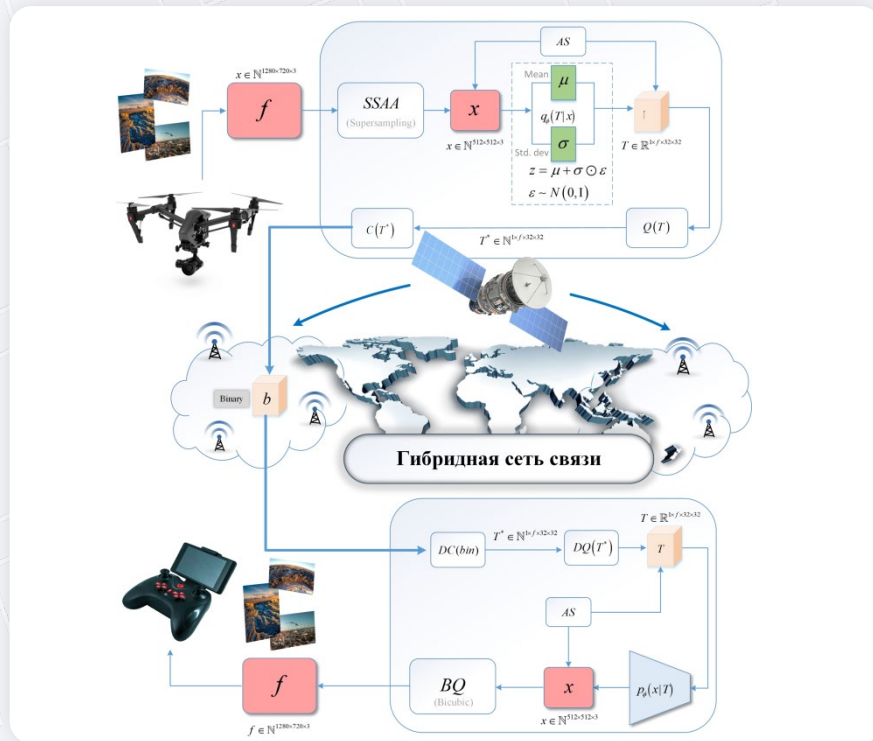
1. Архитектура программно-аппаратного комплекса управления БАС.
2. Комплект бортового оборудования.
3. Встроенное программное обеспечение для бортового оборудования.
4. Клиент-серверная архитектура системы передачи данных.
5. Конструкторская и техническая документация к программно-аппаратному комплексу управления БАС.

Интеллектуальная собственность:

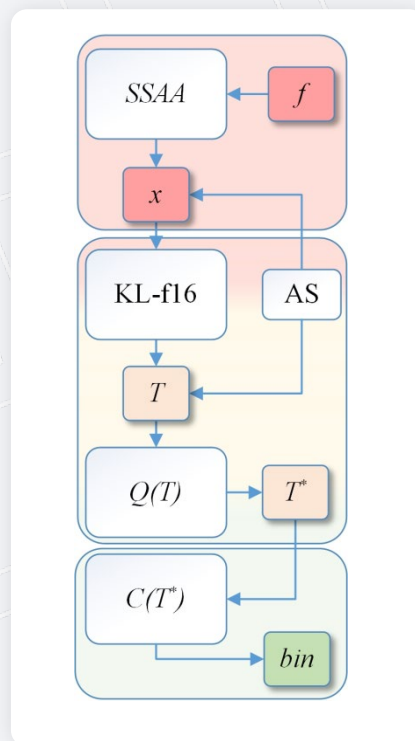
- RU 2023682435 Модуль управления беспилотными решениями от первого лица в орбитально-наземных гибридных сетях связи.
- RU 2023663223 Программное обеспечение модуля инъекции принятых данных в составе ПАК для уменьшения сетевой задержки в системах промышленного интернета вещей.
- RU 2023663659 Программное обеспечение контроллера в составе ПАК для уменьшения сетевой задержки в системах промышленного интернета вещей.
- Патент № 2849970 от 01.11.2025. Изобретение "Система интеллектуального кодирования кадров видеопотока при управлении беспилотными системами от первого лица".



МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

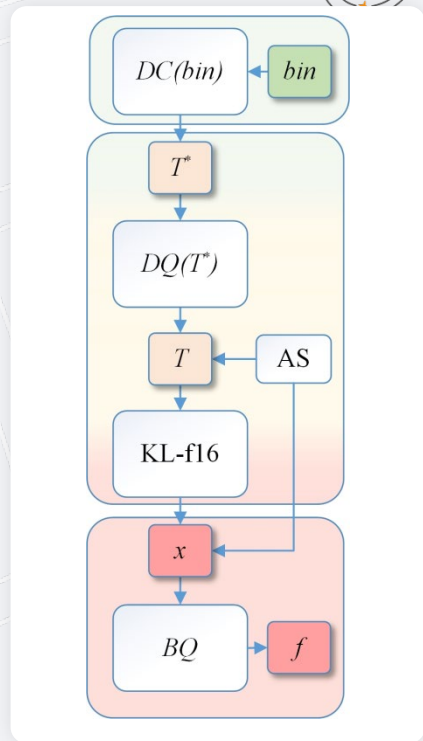


Модель системы передачи данных



Кодер

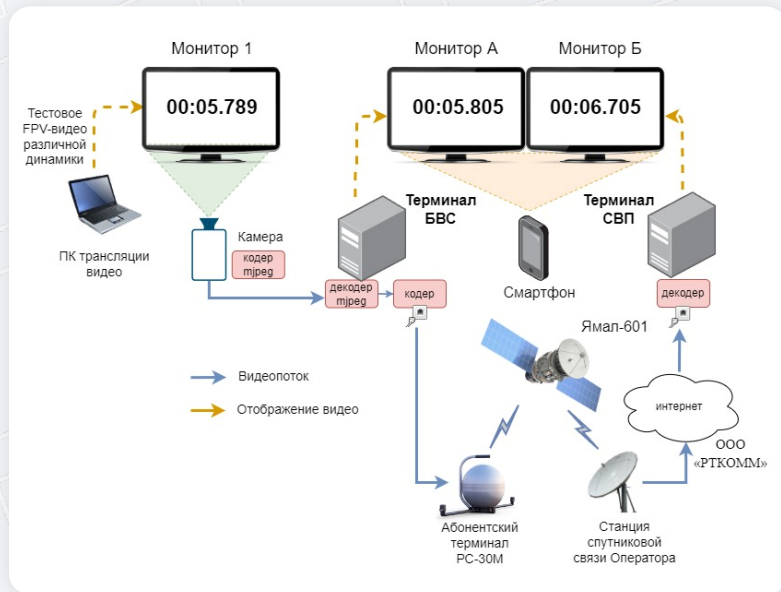
ПО передачи данных и синхронизации сторон
(протокол сессионного + прикладного уровней)



Декодер

Подавление артефактов
кодирования

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД



Структурная схема

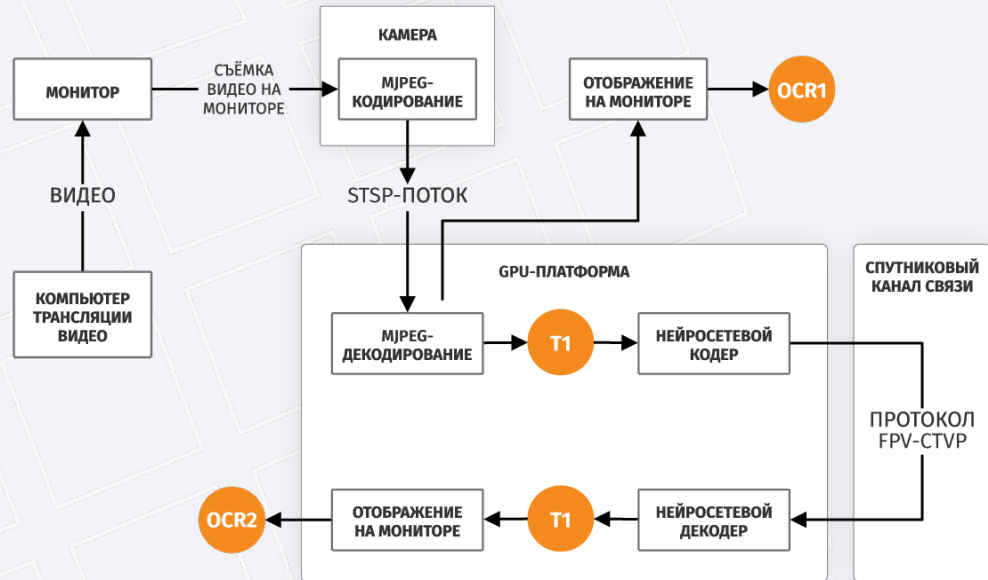
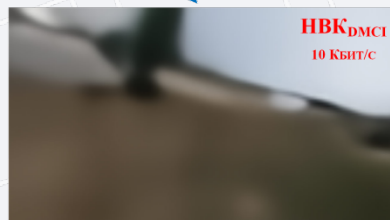
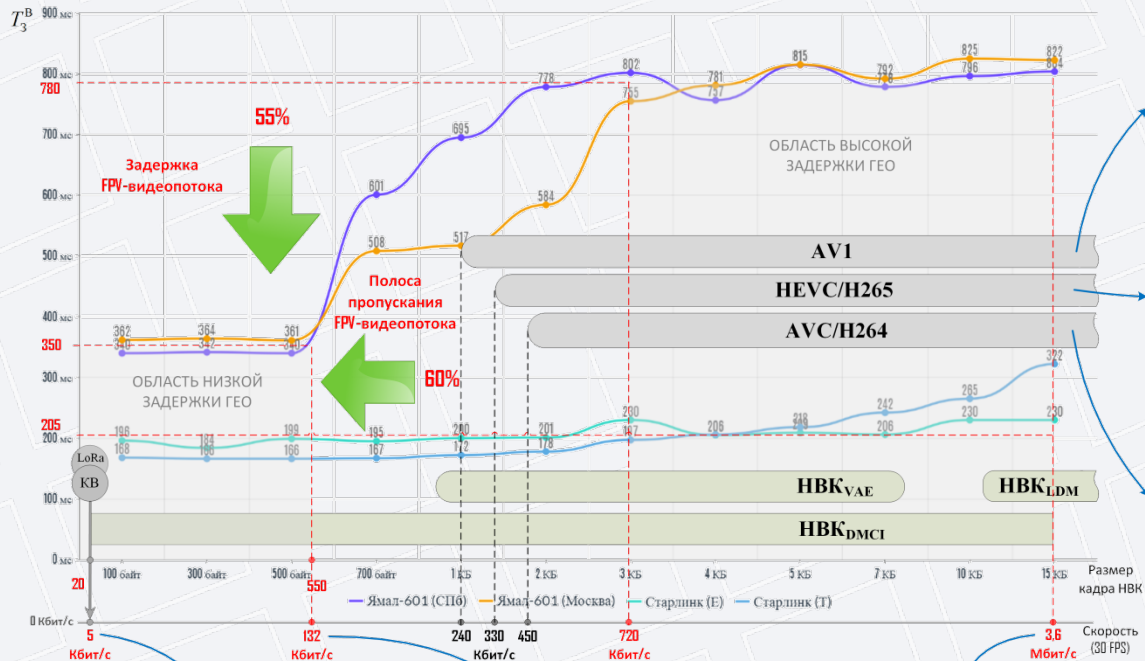


Схема измерения задержек

СРАВНЕНИЕ ВИДЕОКОДЕКОВ



ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС «ВОРОБУШЕК»



Комплект БВС



Комплект СВП



ПОМЕХОЗАЩИЩЕННАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ

СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ
В ГИБРИДНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ
НА ОСНОВЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ КОДОВ РИДА-СОЛОМОНА



- ✓ Восстановление потерянных пакетов
- ✓ Применимость к трафику реального времени
- ✓ Возможность кодового уплотнения
- ✓ Параллельная передача данных для независимых получателей
- ✓ Адаптация к состоянию канала связи
- ✓ Низкие требования к аппаратной части

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПАК «ВОРОБУШЕК»



ИСПЫТАНИЯ НА БАЗЕ ОПЕРАТОРОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ

28–29 апреля 2025: АО «ГЛОНАСС» + АО «Газпром КС»

15 мая 2025: АО «Спутниковая система «Гонец»

30 апреля 2025 и далее: АО «РЕШЕТНЕВ»

24-27 февраля 2026: 16 ЦНИИ МО РФ

СТАНДАРТНЫЕ РЕШЕНИЯ

H.264

MPEG-4 Part 10, AVC

H.265

HEVC

H.266

VVC

VP9

AV1

КОНФИГУРАЦИИ НЕЙРОКОДЕКА В СОСТАВЕ ПАК



ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

- Задержки прикладного уровня
- Задержка видеопотока
- Метрики качества видеопотока:
 - Индекс структурного сходства
SSIM
 - Пиковое отношение сигнал/шум
PSNR
 - Средний квадрат ошибки
MSE

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК

СПб ГУТ)))



ФГБУ «16 ЦНИИ» МО РФ

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ,
СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный конструктор
АО «РЕШЕТНЕВ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
СПбГУТ



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ ЗАДЕРЖЕК ИНФОРМАЦИОННОГО
ОБМЕНА В СПУТНИКОВОМ КАНАЛЕ СВЯЗИ

Задержка (LTE/A) < 100 мс

Задержка (GSO) < 500 мс

АНО «Платформа НТИ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по научной работе СПбГУТ

Экз. № _____

УТВЕРЖДАЮ
Врио начальника ФГБУ
«16 ЦНИИ»
Министерства обороны России



ПЛАТФОРМА НТИ 20.35 ФОНД НТИ

Сертификат

подтверждения технических характеристик

Система FPV управления БАС в гибридных
и спутниковых сетях связи

В рамках выставки-конкурса технологических решений «Дрон-гараж»
проектно-образовательного интенсива «Архипелаг 2025»
подтверждены следующие технические характеристики

1	Средняя задержка передачи FPV-видео HD качества	Не более 700 мс
2	Состав оборудования	Кодек на основе mini-TX с внешней GPU; Двигатели на основе ТК с GPU; HD-камера; Модем спутниковой связи PC-30M00x; Модем LTE-мобильного телефона Samsung M55
3	Работа системы по спутниковым каналам связи	Через геостационарный спутник
4	Работа системы по каналам LTE	Наличие
5	Средняя задержка передачи FPV-видео HD качества через сеть LTE	Не более 100 мс
6	Средняя задержка передачи FPV-видео HD качества через спутниковую сеть связи	Не более 500 мс

Руководитель Штаба Архипелага,
исполнительный директор АНО «Платформа НТИ»

Ректор АНО «Университет Нацисследовательской
технологической инициативы 2035»



А.А. Сивилев

Д.В. Кайкин

ПРОТОКОЛ

испытаний кода видеосжатия Neuro Video Codec,
разработанного федеральным государственным бюджетным
образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский
государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-
Бруевича»

г. Мытищи, 2025

1

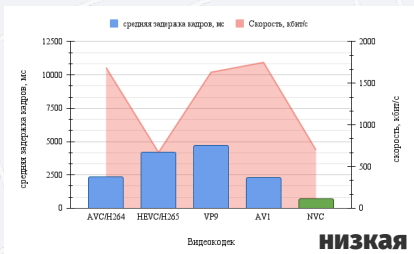
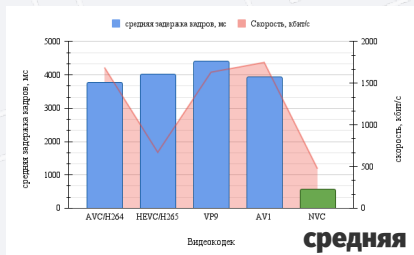
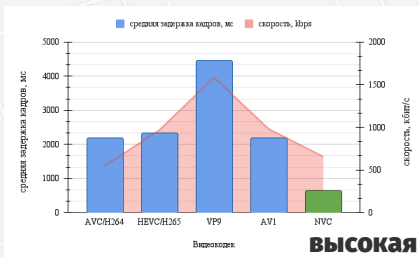
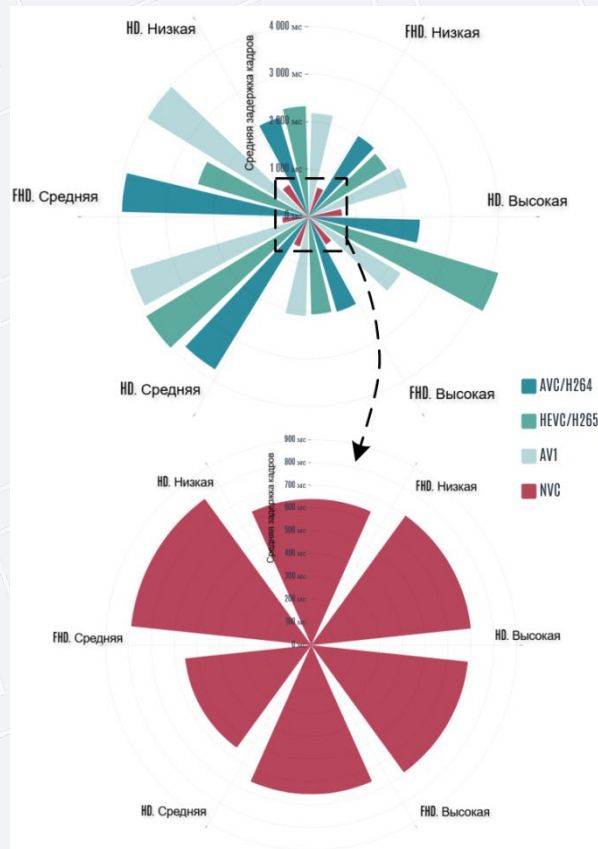
АО «РЕШЕТНЕВ»



Москва 7-17 августа

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АО «РЕШЕТНЕВ» / «ГАЗПРОМ-КС»

Динамика FPV-управления



«Ямал-601»

задержка – в 4,5 раза

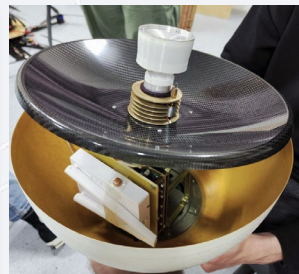
Кбит/с – на 40%

LTE/A

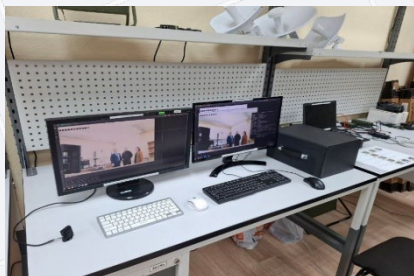
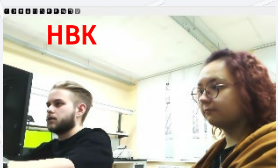
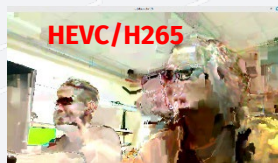
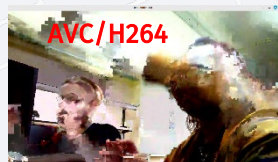
задержка – на 22%

Кбит/с – в 2 раза

ТЕРМИНАЛ РС-30М



Испытательный стенд и результаты измерений



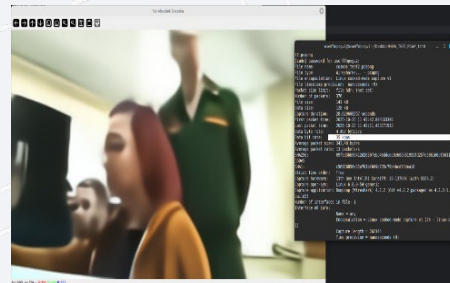
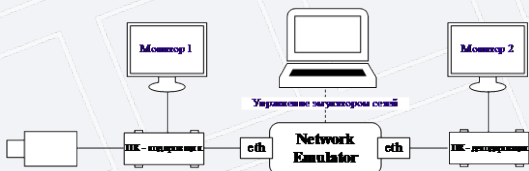
Условия

Сетевая задержка **6 мс**

Потери пакетов **10%**

№	Потери	Битрейт, Кбит/с			Практ. выигрыш
		H264	H265	HVBK	
1	0%	12058	8341	2040	491%
2	2%	845	694	415	104%
3	10%	925	830	379	144%

Значительная экономия полосы пропускания без нарушения качества видеоизображения во всех проверяемых режимах функционирования.



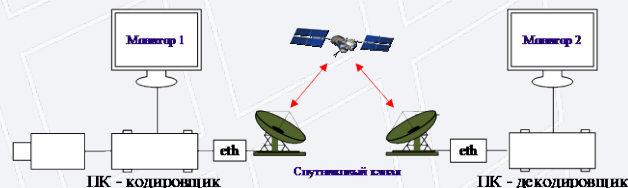
P-444-ПТН



Визуально лица и мелкие детали объектов не различимы, однако сохраняются цвета и силуэты объектов, целостная структура изображения.

КА «Благовест»

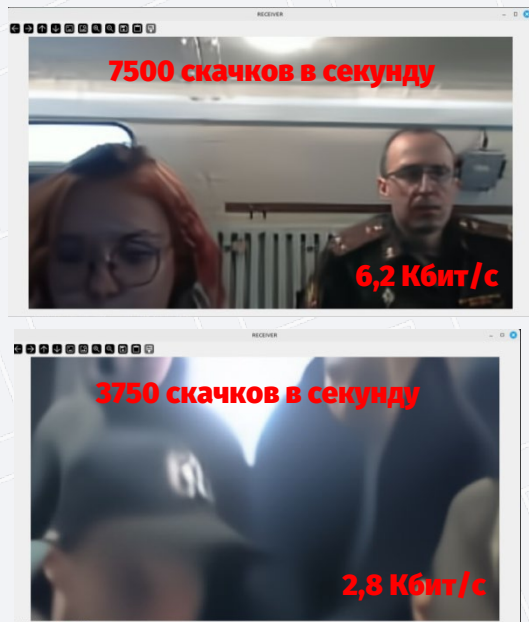
Скорость – **35 Кбит/с**



РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ФГБУ «16ЦНИИИ» МО РФ (КВ)

Начальные условия

- Разрешение видеопотока – HD (1280x720)
- 7500 скачков в секунду
- Пропускная способность – до 8 Кбит/с



Комплект радиостанции «Радиян-КВ»



Схема испытательного стенда



ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ КАНАЛЫ

1

ОСНОВНОЙ Спутниковый

геостационарный, низкая орбита

2

РЕЗЕРВНЫЙ КВ-диапазон

3

РЕЗЕРВНЫЙ Сотовая связь

+

ДРУГИЕ Используемые каналы:

- Радиоканалы на известных частотах
- Радиоканалы на смещенных частотах
- Инерциальная навигационная система
- Оптическое волокно



Снижение задержки передачи команд управления Оператор-БАС



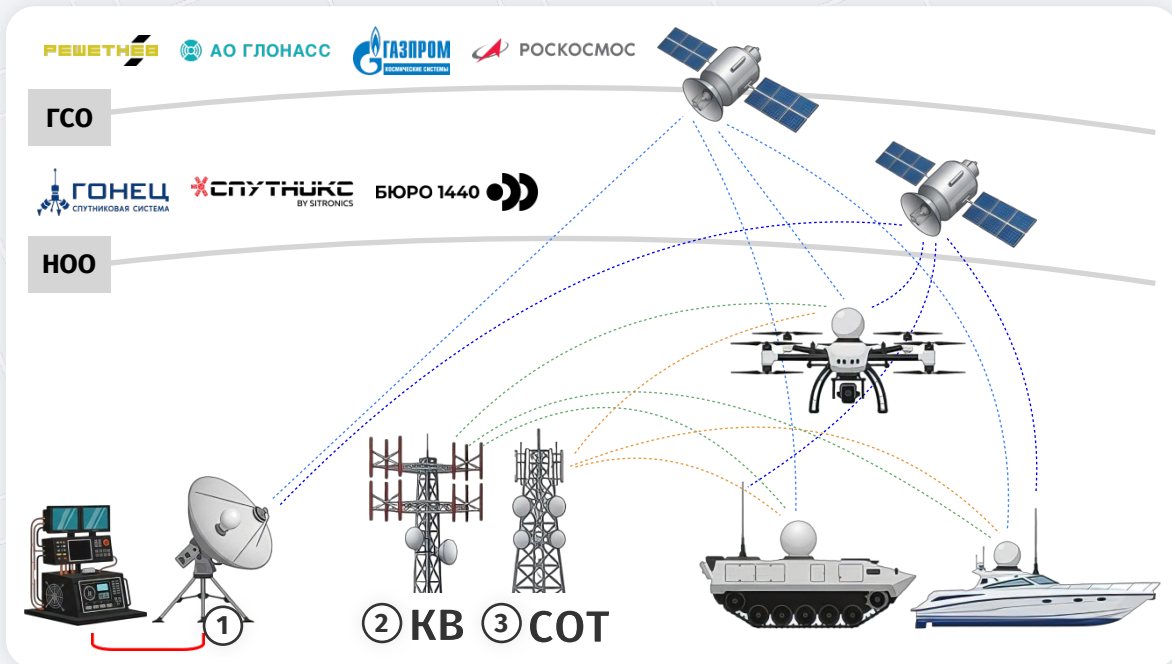
Снижение задержки передачи видеопотока БАС-Оператор



Обеспечение помехо-защищенности данных



Обеспечение информационной безопасности сеанса связи



СПбГУТ)))



Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС FRV-УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ СИСТЕМАМИ ЧЕРЕЗ ГЕОСТАЦИОНАРНЫЕ СПУТНИКОВЫЕ ГРУППИРОВКИ РОССИИ И КВ РАДИОСВЯЗЬ

Проректор по научной работе, д.т.н., доцент
Рабин Алексей Владимирович
rabin.av@sut.ru, +7 911 218 31 80

