

Системы спутниковой оптической связи и квантовой криптографии

ООО «КУСПЭЙС ТЕХНОЛОГИИ»

КУСПЭЙС ТЕХНОЛОГИИ - СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ И КВАНТОВОЙ КРИПТОГРАФИИ

- 2017** ● Спин-офф Российского квантового центра
- 2018** ● Протестирован атмосферный оптический канал квантовой связи
- 2019** ● Интеграция с китайским исследовательским спутником QUESS - Micius
- 2022** ● Получен квантовый ключ со спутника QUESS - Micius
● Создан прототип оптического приемного модуля
- 2023** ● Пуск МКА CubeSat 6U с лазерным терминалом на борту
- 2026** ● Пуск МКА CubeSat 16U с передатчиком квантового сигнала

ПОДДЕРЖКА:



РКЦ

Российский
Квантовый
Центр

Sk
Участник



ГАЗПРОМБАНК

ПАРТНЁРЫ:



МТУСИ



ОРБИТАЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ

Skoltech



МИСИС
УНИВЕРСИТЕТ

КОМАНДА И ОПЫТ

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА

Выпускники и аспиранты МФТИ,
МГТУ им. Баумана, НГУ, НИТУ МИСиС

Опыт разработки оптических и оптоэлектронных систем гражданского и специального назначения

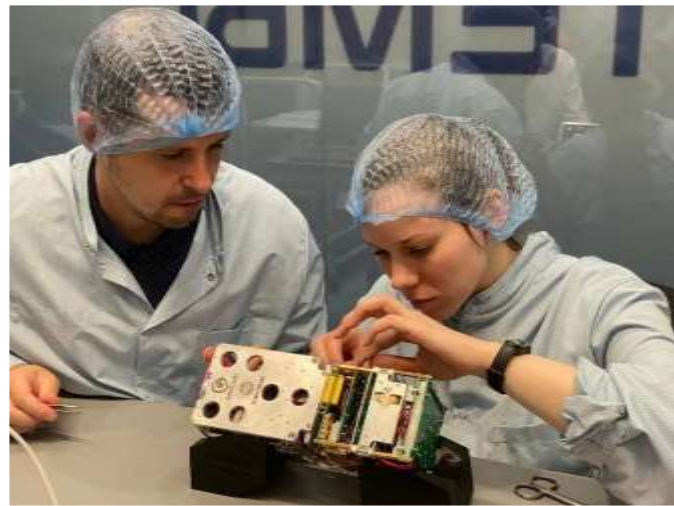


5 патентов

6 публикаций

МЕНЕДЖМЕНТ

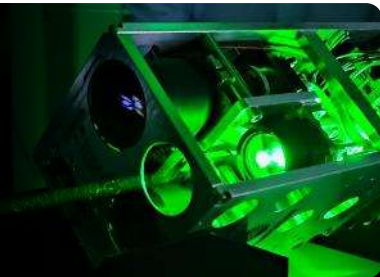
Специалисты с опытом реализации проектов в аэрокосмической отрасли (Роскосмос, ОАК)



ОБЛАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

СПУТНИКОВАЯ ЛАЗЕРНАЯ СВЯЗЬ

Передача информации с помощью электромагнитных волн оптического диапазона



Технология для высокоскоростных каналов передачи информации между спутниками и Землей

ПРОГНОЗ:

Большинство запускаемых космических аппаратов будут иметь терминал оптической связи для связи с другими аппаратами и, возможно, для связи с Землей

КВАНТОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕЙ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

позволяет двум удаленным пользователям безопасным образом выработать и распределить симметричные криптографические ключи для дальнейшего шифрования данных



ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕХВАТА КЛЮЧА
ГАРАНТИРОВАНА ЗАКОНАМИ ФИЗИКИ



ДОКАЗАННАЯ АБСОЛЮТНАЯ
КРИПТОСТОЙКОСТЬ



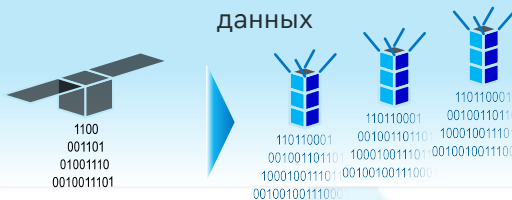
ЗАЩИТА НА ГЛОБАЛЬНОМ УРОВНЕ

ДРАЙВЕРЫ И ТЕНДЕНЦИИ

Миниатюризация и рост вычислительной мощности
(умные и компактные системы)



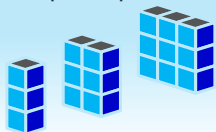
Растущий спрос на спутниковые данные / Увеличение объёма самих данных



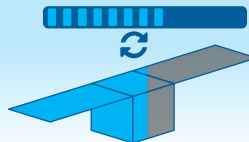
Увеличивается скорость обновления данных



Массовое производство унифицированных спутников / приборов



Программно-определяемые решения и виртуализация¹



Перспективы:

Значительный рост трафика из космоса

Переход от изолированных спутниковых группировок к спутниковым сетям и виртуальным группировкам, в том числе гибридным

Появятся каналы для объединения спутников в сеть – «интернет для спутников»

[1] Software defined satellite – программно определяемый спутник
Виртуальные спутниковые группировки (virtual constellations) – объединение (в том числе, временное) космического и наземного сегментов, которые работают скоординированным образом для удовлетворения общего комплексного набора требований потребителей, обеспечивая тем самым получение дополнительной информации, имеющей синергетическую ценность (Комитет по спутникам наблюдения Земли (CEOS) <https://ceos.org>)

ЛАЗЕРНАЯ СВЯЗЬ – РЕШЕНИЕ ДЛЯ МЕЖСПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ И КАНАЛОВ «СПУТНИК-ЗЕМЛЯ»

ЗНАЧИТЕЛЬНО ВЫШЕ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ КАНАЛА

- Больше данных за меньшее время
- Снижение количества подключений
- Снижение затрат на абонентское оборудование (меньшее количество наземных станций)

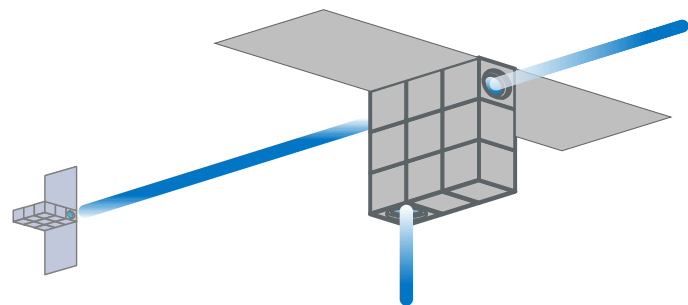


ЛАЗЕРНЫЕ ТЕРМИНАЛЫ ВЫИГРЫВАЮТ ПО МАССЕ И ГАБАРИТАМ

- Подходят для установки на малые КА. Есть решения для кубсатов
- Высвобождение места под дополнительную полезную нагрузку

ПРОСТОТА РАЗВЕРТЫВАНИЯ / МАСШТАБИРОВАНИЯ СЕТИ

- Оптические терминалы технически проще. Для их создания можно использовать готовые компоненты
- Не требуется разрешения (ITU /ГРЧЦ)



НИЗКОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

БОЛЕЕ ВЫСОКОЕ СООТНОШЕНИЕ «СИГНАЛ / ШУМ»

ГОРАЗДО СЛОЖНЕЕ ОТСЛЕДИТЬ

- Подходят для установки на малые КА. Есть решения для кубсатов
- Высвобождение места под дополнительную полезную нагрузку



¹ Теоретический предел

² См. [TeraByte InfraRed Delivery \(TBIRD\) system](#)

ТЕКУЩИЙ УРОВЕНЬ: МКА ИМПУЛЬС-1 С ЛАЗЕРНЫМ ТЕРМИНАЛОМ

ЦЕЛИ МИССИИ

- 1 Отработка технологии точного лазерного наведения на наземный терминал
- 2 Тестирование системы оптической передачи информации по каналам «КА-Земля» и «Земля-КА»
- 3 Мониторинг солнечной активности в мягком рентгеновском диапазоне

«ВЕКТОР» – ТЕРМИНАЛ ЛАЗЕРНОЙ СВЯЗИ



- Габариты: не более 2,5U. Масса 2,7 кг
- Мощность: до 40 Вт
- Апертура: 30 мм
- Скорость канала (передача): до 50 Мбит
- Длина волны излучателя оптического канала:
852 нм (downlink) / 808 нм (uplink)

МКА «ИМПУЛЬС-1»



- Формат: CubeSat 6U
- Орбита: круговая солнечно-синхронная, высота 550-650 км, $98 \pm 2^\circ$
- Точность наведения на наземный приемник:
основной контур ориентации и стабилизации (маховики) $\pm 1^\circ$; вторичный (точный) контур $\pm 0,2^\circ$

ТЕКУЩИЙ УРОВЕНЬ: НАЗЕМНЫЕ ПРИЁМНЫЕ МОДУЛИ

СОЗДАНО ДВА ПРОТОТИПА

МОБИЛЬНЫЙ МОДУЛЬ



305
мм

входной диаметр
оптической системы

620
мм

фокусное расстояние
главного зеркала

± 69
мкрад

(± 15 ") поле зрения
(по волокну 100 мкм)

20
мкрад

точность сопровождения
спутника по камере
телескопа-гида

3,78
мкрад

точность сопровождения
спутника по камере точного
контура наведения

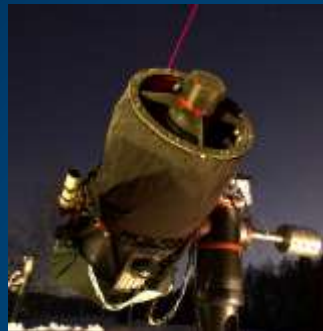
9,7°
/сек

угловая скорость
сопровождения
передатчика

150
кг

полная масса установки

СТАЦИОНАРНЫЙ МОДУЛЬ (Звенигородская обсерватория)



600
мм

входной диаметр
оптической системы

4800
мм

фокусное расстояние
главного зеркала

± 14
мкрад

(± 3 ") поле зрения
(по волокну 100 мкм)

3,6
мкрад

точность сопровождения
спутника по камере
точного контура наведения

ОСОБЕННОСТИ ПРОТОТИПОВ:

- ✓ Наведение и сопровождение телескопом передатчика по эфемеридам КА и по опорному сигналу от передатчика на КА
- ✓ Отправка опорного сигнала для системы стабилизации передатчика на КА
- ✓ Разделение опорного и информационного сигналов по длине волны

ЛАЗЕРНАЯ СВЯЗЬ: ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ + ИНТЕГРАЦИЯ С КРК В БУДУЩЕМ

СКОРОСТНОЙ КАНАЛ ПЕРЕДАЧИ «КОСМОС-ЗЕМЛЯ» (> 10 ГБИТ/С) ¹

- Сброс большого объема данных со спутников
- Резервный канал для радиолинии

ЗАГРУЗКА И ОБРАБОТКА ДАННЫХ НА ОРБИТЕ (> 1 ГБИТ/С)

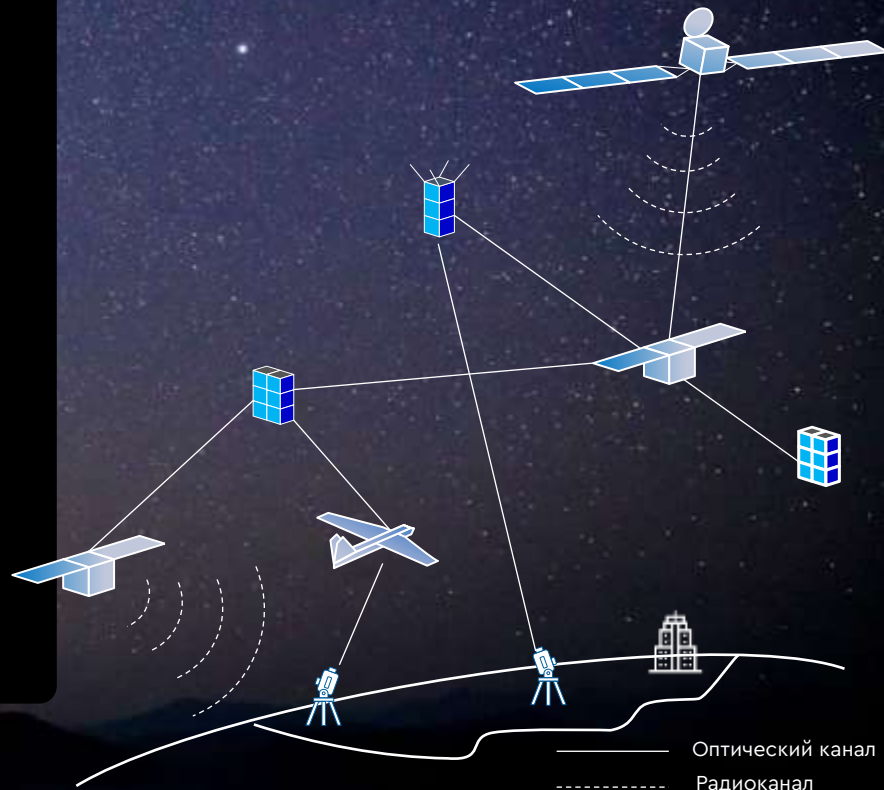
- Передача большого объема данных за короткое время
- Космические ЦОДы и фабрики
- Связь с орбитальными станциями

МЕЖСПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ (>50 ГБИТ/С)

- На одной орбите
- Межорбитальная связь

СЛУЖЕБНЫЙ КАНАЛ СВЯЗИ (> 1 ГБИТ/С)

- БПЛА / автономный транспорт



¹ По каждому из направлений указаны ожидаемые параметры

Валентин Толстых

Руководитель проекта

+7 910 404-12-97

v.tolstykh@goqrate.com

Дмитрий Плохов

Менеджер проектов

+7 926 096 43 77

d.plokhov@goqrate.com