



«Российская академия наук»

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ»

ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН,
125009, Москва, ул. Моховая, д.11, корп. 7
тел. +7 (495) 629-33-31, e-mail: nikitov@cplire.ru, sct@cplire.ru

РЕШЕНИЕ

**Научного совета РАН «Фундаментальные проблемы создания и
функционирования телекоммуникационных систем»
по итогам заседания на тему: «Исследования и научные достижения Томского
государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)».**

В целях реализации программных документов развития телекоммуникационной отрасли в РФ согласно Указам Президента РФ и Постановлениям Правительства РФ (в том числе Указ Президента РФ от 18.06.2024 № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий», Постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2023 № 603) и во исполнение одной из основных задач, решаемых Научным советом РАН «Фундаментальные проблемы создания и функционирования телекоммуникационных систем» (далее Совет), а именно, задачи координации фундаментальных исследований в области систем связи и телекоммуникационных сетей, а также рассмотрения вопросов использования потенциала научных и образовательных организаций при реализации программы фундаментальных исследований в области систем связи и телекоммуникаций, 30 июня 2026 г. в Институте радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН в смешанном формате (очно и в формате видеоконференции) состоялось заседание Совета на тему «Исследования и научные достижения Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)».

Повестка дня:

1. «Полупроводниковая сверхвысокочастотная электронная компонентная база на основе материалов группы A3B5 и Si для создания перспективных систем связи наземного, воздушного и космического элементов базирования». Докладчик **Кулинич Иван Владимирович** (ТУСУР).
2. «Создание экспериментальных космических аппаратов для обеспечения высокоскоростной связи стандартов IMT-2010 и IMT-2020». Докладчики: **Кургузов Роман Юрьевич** (АО «РЕШЕТНЁВ»), **Куксенко Сергей Петрович** (ТУСУР).

3. «Разработка оборудования мультиплексирования высокоскоростных каналов связи в оптическом диапазоне для использования в составе полезной нагрузки космических аппаратов на низких круговых орбитах». Докладчик **Лукин Константин Игоревич** (АО «Научно-технический центр высокоскоростных систем передачи «Супертел ДАЛС» (АО «НТЦ ВСП «Супертел ДАЛС»)).

ТУСУР широко известен своими достижениями в подготовке высококвалифицированных кадров в области радиофизики, радиотехники и телекоммуникаций. Университет успешно решает непростую задачу привлечения молодежи в сферу радиотехники и является поставщиком кадров для аэрокосмических предприятий РФ и, в частности, для АО «Решетнев». В настоящее время университет реализует уникальную схему формирования научных коллективов, когда под каждый проект формируется команда из студентов и молодых специалистов, часть которой после окончания проекта уходит на постоянную работу к заказчику. Это эффективная схема вовлечения выпускников высшего учебного заведения по специальности в реальный сектор экономики.

По первому вопросу Совет заслушал доклад заместителя директора НИИ СВЧ электроники и радиофотоники ТУСУР Кулинича И.В. на тему «Полупроводниковая сверхвысокочастотная электронная компонентная база на основе материалов группы АЗВ5 и Si для создания перспективных систем связи наземного, воздушного и космического элементов базирования».

Проект вносит вклад в создание отечественной элементной базы:

- малошумящий усилитель S диапазона на основе GaAs СВЧ монолитной интегральной схемы (МИС) с коэффициентом шума менее 0,7 дБ, точкой компрессии по выходной мощности не менее +18 дБм для приёмного тракта приёмо-передающего модуля (ППМ) активной фазированной антенной решетки (АФАР);
- усилитель мощности S диапазона по схеме Догерти на основе GaN СВЧ МИС с линейностью не хуже – 46 дБ для передающего тракта ППМ АФАР;
- четырехканальной многофункциональной СВЧ микросхемы (core-chip) S диапазона для диаграмма образующей схемы АФАР на основе Si по технологии 180 нм в кооперации с АО «Микрон», АО «НЗПП Восток», АО «НИИМЭ»;
- четырехканальный СВЧ core-chip S диапазона для диаграмма образующей схемы АФАР на основе GaAs в кооперации с АО «Светлан-Рост» и АО «НПП «Исток» им. Шокина;
- четырехканальный СВЧ core-chip S диапазона для диаграмма образующей схемы АФАР на основе Si по технологии 90 нм в кооперации АО «НИИМЭ»;
- 16-канальный СВЧ core-chip S диапазона для диаграмма образующей схемы АФАР на основе Si по технологии 90 нм в кооперации АО «НИИМЭ»;
- 16-канальный СВЧ core-chip Ku-Ка диапазона для диаграмма образующей схемы АФАР на основе Si по технологии 65 нм в кооперации АО «НИИМЭ».

Совет отмечает важность и актуальность этого проекта для отечественной электронной промышленности, а также необходимость его реализации.

Совет считает целесообразным рассмотреть проект «Полупроводниковая сверхвысокочастотная электронная компонентная база на основе материалов группы АЗВ5 и Si для создания перспективных систем связи наземного, воздушного и космического элементов базирования» (НИИ СВЧ электроники и радиофотоники ТУСУР) на заседании Научного совета РАН «Фундаментальные проблемы элементной базы

информационно-вычислительных и управляющих систем и материалов для ее создания» (председатель Научного совета академик РАН Г.Я. Красников).

По второму вопросу повестки заседания Совет заслушал доклад, посвященный описанию проекта, выполняемого ТУСУР совместно с АО «РЕШЕТНЁВ». Проект посвящен созданию экспериментальных космических аппаратов (КА) для обеспечения высокоскоростной связи подобно стандарту IMT-2020. Авторы доклада считают возможным организацию сети Интернета вещей без использования наземных базовых станций, исключительно на основе спутников.

Идея создания такого космического комплекса, обеспечивающего телекоммуникационную связь, является актуальной. Однако, в ходе возникшей дискуссии было отмечено, что разработка находится на начальном уровне, и к ней имеется много вопросов.

Крайне необходимым является разработка и анализ технико-экономического обоснования по методике Госкорпорации «Роскосмос».

Помимо экономической составляющей представленный в докладе проект, по мнению членов Совета, содержит также много открытых технических вопросов и противоречий, которые приведены ниже.

Предложенный проект аналогичен зарубежным системам (AST Space Mobile, SpaceX D2D), однако заявляет «реализацию отечественной высокоскоростной связи стандартов IMT-2020, LTE и 5G на не модифицированных мобильных устройствах». Совет отмечает нереалистичность данного подхода по следующим причинам:

- В презентации ошибочно указан стандарт IMT-2010 (видимо, опечатка), которого не существует;

- Технология LTE не рассчитана на задержки сигнала, характерные для спутниковой связи, что делает невозможным обеспечение гарантированной совместимости с серийными смартфонами;

- Целям проекта отвечает стандарт 5G NTN, почему нет сравнения с ним?

- Нормативы LTE ограничивают расстояние от базовой станции до абонента и задержку сигнала радиусом не более 100 км, однако данная проблема в докладе не освещена;

- Заявленная спектральная эффективность радиоканала в 10 бит/Гц в сек. представляется завышенной для указанных условий;

- Отсутствует кодификация ПО для ядра сети и базовых станций при работе со спутниковым сегментом.

Имеется большая неопределенность с архитектурой и параметрами системы, а именно, ее назначение не сформулировано. Заявленная излучаемая мощность абонентских терминалов (>750 мВт при средней мощности серийного смартфона в 250 мВт) исключает использование большинства стандартных мобильных устройств и противоречит самой концепции Direct-to-Device. Не представлены данные по поддержке сценариев uRRLC и механизмам хэндовера (переключения лучей). Сомнения вызывает также возможность обслуживания миллионов IoT-абонентов в одном спутниковом канале из-за временных затрат на установление и поддержание сессий.

Осталась неясной оценка массогабаритных характеристик КА. В докладе утверждается возможность использования малых и микроаппаратов (класса «Марафон IoT» массой до 50 кг). Мировой опыт показывает, что для систем D2D требуются тяжелые

КА, оснащенные крупногабаритными АФАР с площадью апертуры от 50 до 60 м² (для обеспечения необходимой энергетики радиолинии). Предложенный авторами диаметр бортовой антенны в 2 метра явно недостаточен (для сравнения: площадь АФАР на спутниках компании AST Mobile составляет 122 и 224 м²). Проектные значения массы разрабатываемых КА фактически будут измеряться тоннами, что исключает их отнесение к классу МКА. На сегодняшний день действующих аналогов на сверхнизких орбитах (300 км) не существует.

Отсутствуют данные о выделении международными регуляторами орбитально-частотного ресурса на низких и средних орбитах под заявленную группировку из более чем 1050 тяжелых КА. Также не проработан вопрос обеспечения проекта ракетами-носителями для вывода на орбиту такой группировки спутников (массой около 7,5 тонн каждый).

В проекте отсутствуют модель технического сопряжения гибридной сети с операторами «большой четверки» (ПАО «МТС», ПАО «МегаФон», ПАО «ВымпелКом») и правовые механизмы использования их частотного ресурса. Нет ясности по вопросам роуминга UE, распределения зон ответственности участников и применения шифрования по ГОСТ. Не определены параметры наземного комплекса управления, типы ракет-носителей, базовая орбитальная схема (высота, наклонение, распределение МКА по плоскостям), что напрямую влияет на сложность наведения антенн.

Доклад не определяет место проекта среди существующих отечественных инициатив (Бюро 1440/«Рассвет», «Спутникс», «Новый Старт» и др.) и не раскрывает его конкурентные преимущества, обосновывающие необходимость выделения мер господдержки и частотно-орбитального ресурса.

В текущем виде проект уступает спецификациям 3GPP по большинству параметров. Однако АФАР и сам комплекс могут быть эффективно адаптированы в качестве опорной сети для сервисов с мягкими требованиями к задержке, либо развернуты отдельно от спутников на привязных аэростатах (высота 5–10 км) для организации связи LTE в радиусе до 100 км в специальных целях.

Совет рекомендует ТУСУР совместно с АО «РЕШЕТНЁВ» провести глубокую доработку концепции спутниковой группировки под задачи конкретного потребителя.

Доклад АО «НТЦ ВСП «Супертел ДАЛС» «Разработка оборудования мультиплексирования высокоскоростных каналов связи в оптическом диапазоне для использования в составе полезной нагрузки космических аппаратов на низких круговых орбитах» (третий вопрос повестки заседания) посвящен разработке оборудования мультиплексирования высокоскоростных оптических каналов связи для полезной нагрузки КА на низких круговых орбитах.

В целом данное направление является перспективным.

Совет отмечает, что стандартные решения для волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) неприменимы для трасс «Спутник — Земля» из-за принципиально иного характера атмосферных искажений.

Использование же когерентных систем связи 100G (на базе наземной DWDM-системы «Супертел Оптипак») целесообразно для организации каналов связи формата «Спутник — Спутник». В перспективе возможно масштабирование технологии до скоростей 400G и 800G.

Для адаптации системы «Оптипак» под межспутниковые линии требуется существенная доработка оборудования: перевод на радиационно-стойкую электронную

компонентную базу (ЭКБ), замена корпусов, переработка системы электропитания и обеспечение устойчивости к пусковым перегрузкам.

Критически важным и нераскрытым в докладе остался вопрос реализации прецизионных средств наведения оптики в свободном пространстве на межспутниковых дистанциях порядка 1400 км. Отсутствуют детальные технические параметры объективов, систем наведения и фокусировки, оптических маяков и систем слежения.

Рекомендация Совета: необходимо детально проработать и научно обосновать техническую реализуемость средств наведения и удержания оптического канала для обеспечения межспутниковой связи.

Совет приветствует стремление к развитию ТУСУР - одного из ведущих российских ВУЗов, высоко оценивает программу такого развития, направленную на решение проблем, актуальных для современной российской экономики и социальной сферы.

Совет выражает надежду, что научные подразделения ТУСУР внесут необходимые исправления и улучшения в предложенные проекты, что, в свою очередь, позволит промышленным партнерам ВУЗа перейти к полноценной реализации предложенных проектов.

Председатель Совета
Академик РАН



С.А. Никитов