«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Научного совета РАН «Квантовые технологии»,   
президент РАН

академик РАН

Г.Я. Красников

« » 202   г.

**ПРОТОКОЛ  
заседания Бюро Научного совета РАН «Квантовые технологии»   
по теме «Состояние работ по реализации научно-технических проектов в рамках «дорожной карты» развития высокотехнологичного направления «Квантовые коммуникации»**

**ДАТА И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:** 4 декабря 2024 г. с 12:00 до 13:36; г. Москва, Ленинский пр-т, 14, 2 эт., конференц-зал.

**ФОРМАТ ПРОВЕДЕНИЯ:** смешанный — очный и дистанционный (онлайн в SberJazz).

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВОВАЛ:**

Председатель Научного совета РАН «Квантовые технологии», президент РАН, академик РАН Г.Я. Красников.

# УЧАСТВОВАЛИ:

|  |  |
| --- | --- |
| Члены Бюро Совета | |
| 1. Красников Геннадий Яковлевич,  академик РАН | председатель Совета, президент РАН, руководитель приоритетного технологического направления «Электронные технологии», научный руководитель АО «НИИМЭ» (очно) |
| 1. Горбацевич Александр Алексеевич,  академик РАН | заместитель председателя Совета, заведующий лабораторией ФИАН, заведующий кафедрой квантовой физики и наноэлектроники НИУ МИЭТ, заведующий лабораторией АО «НИИМЭ» (очно) |
| 1. Панченко Владислав Яковлевич,  академик РАН | заместитель председателя Совета, вице-президент РАН, академик-секретарь ОНИТ РАН, вице-президент НИЦ «Курчатовский институт» (очно) |
| 1. Холево Александр Семёнович,  академик РАН | заместитель председателя Совета, заведующий отделом, главный научный сотрудник МИАН (очно) |
| 1. Александров Евгений Борисович,  академик РАН | руководитель лаборатории атомной радиоспектроскопии ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн) |
| 1. Каляев Игорь Анатольевич,  академик РАН | научный руководитель направления ЮФУ, главный научный сотрудник НИИ МВС ЮФУ (онлайн) |
| 1. Кульчин Юрий Николаевич,  академик РАН | вице-президент РАН (онлайн) |
| 1. Латышев Александр Васильевич,  академик РАН | директор ИФП СО РАН (онлайн) |
| 1. Горнев Евгений Сергеевич,  член-корреспондент РАН | заместитель руководителя приоритетного технологического направления «Электронные технологии» АО «НИИМЭ» (очно) |
| 1. Колачевский Николай Николаевич,  член-корреспондент РАН | директор ФИАН, научный руководитель группы «Прецизионные квантовые измерения», руководитель направления «Квантовый компьютер на холодных ионах иттербия» РКЦ (очно) |
| 1. Красильник Захарий Фишелевич,  член-корреспондент РАН | руководитель научного направления «Физика микро- и наноструктур» ИФМ РАН – филиала ИПФ РАН (онлайн) |
| 1. Махлин Юрий Генрихович,  член-корреспондент РАН | главный научный сотрудник ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, заведующий лабораторией физики конденсированного состояния НИУ ВШЭ (онлайн) |
| 1. Шкуринов Александр Павлович,  член-корреспондент РАН | заместитель академика-секретаря ОНИТ РАН, профессор кафедры Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (онлайн) |
| 1. Богданов Юрий Иванович,  доктор физико-математических наук | главный научный сотрудник лаборатории физики квантовых компьютеров Отделения ФТИ им. К.А. Валиева НИЦ «Курчатовский институт», профессор Института интегральной электроники имени академика К.А. Валиева НИУ МИЭТ (очно) |
| 1. Устинов Алексей Валентинович,  доктор физико-математических наук | руководитель группы РКЦ, заведующий лабораторией «Сверхпроводящие метаматериалы» НИТУ МИСИС, профессор Технологический институт Карлсруэ (Германия) (онлайн) |
| 1. Фельдман Эдуард Беньяминович,  доктор физико-математических наук | заведующий лабораторией спиновой динамики и спинового компьютинга ФИЦ ПХФ и МХ РАН (онлайн) |
| 1. Тельминов Олег Александрович,  кандидат технических наук | ученый секретарь Совета, начальник отдела перспективных исследований АО «НИИМЭ», доцент базовой кафедры микро- и наноэлектроники МФТИ (очно) |
| Члены Совета | |
| 1. Ивченко Еугениюс Левович,  академик РАН | заведующий сектором ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн) |
| 1. Никитов Сергей Аполлонович,  академик РАН | директор ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (очно) |
| 1. Калачёв Алексей Алексеевич,  член-корреспондент РАН | директор ФИЦ КазНЦ РАН (очно) |
| 1. Квардаков Владимир Валентинович,  член-корреспондент РАН | председатель совета РЦНИ (очно) |
| 1. Лукичев Владимир Федорович,  член-корреспондент РАН | руководитель Отделения ФТИ им. К.А. Валиева НИЦ «Курчатовский институт» (онлайн) |
| 1. Николаев Евгений Николаевич,  член-корреспондент РАН | полный профессор Сколтеха, директор проектного Центра Сколтеха, научный руководитель ИНЭПХФ им. В.Л. Тальрозе ФИЦ ХФ РАН (онлайн) |
| 1. Рябцев Игорь Ильич,  член-корреспондент РАН | заведующий лабораторией ИФП СО РАН (онлайн) |
| 1. Турлапов Андрей Вадимович,  член-корреспондент РАН | заведующий лабораторией ультрахолодных квантовых систем ИПФ РАН, начальник лаборатории ФГУП «ВНИИФТРИ» (очно) |
| 1. Федянин Андрей Анатольевич,  профессор РАН, доктор физико-математических наук | проректор МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующий кафедрой Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (очно) |
| 1. Абгарян Каринэ Карленовна,  доктор физико-математических наук | главный научный сотрудник, руководитель отдела ФИЦ ИУ РАН, профессор факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В. Ломоносова (очно) |
| 1. Гольцман Григорий Наумович,  доктор физико-математических наук | заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики МПГУ, главный научный сотрудник НИТУ МИСИС (очно) |
| 1. Донченко Сергей Иванович,  доктор технических наук | руководитель приоритетного технологического направления по метрологии, генеральный директор ФГУП «ВНИИФТРИ» (очно) |
| 1. Зеленер Борис Борисович,  доктор физико-математических наук | заведующий лабораторией лазерного охлаждения и ультрахолодной плазмы ОИВТ РАН, профессор НИЯУ МИФИ (очно) |
| 1. Моисеев Сергей Андреевич,  доктор физико-математических наук | директор Казанского квантового центра («КАИ-КВАНТ») КНИТУ-КАИ, Казанский квантовый центр КНИТУ-КАИ (онлайн) |
| 1. Павлов Александр Александрович,  доктор физико-математических наук | заместитель директора по научной работе ИНМЭ РАН (очно) |
| 1. Прудников Олег Николаевич,  доктор физико-математических наук | директор ИЛФ СО РАН, доцент НГУ (онлайн) |
| 1. Суетин Николай Владиславович,  доктор физико-математических наук | заместитель председателя Правления Фонда «Сколково», ведущий научный сотрудник НИИЯФ МГУ (онлайн) |
| 1. Торопов Алексей Акимович,  доктор физико-математических наук | заведующий лабораторией квантовой фотоники ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн) |
| 1. Шевченко Владимир Игоревич,  доктор физико-математических наук | ректор НИЯУ МИФИ (очно) |
| 1. Шойтов Александр Михайлович,  доктор физико-математических наук | заместитель Министра цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, президент Академии криптографии Российской Федерации (онлайн) |
| 1. Велихов Василий Евгеньевич,  кандидат физико-математических наук | директор-координатор объединенного вычислительного кластера НИЦ «Курчатовский институт» (очно) |
| 1. Глейм Артур Викторович,  кандидат технических наук | начальник Департамента квантовых коммуникаций ОАО «РЖД» (очно) |
| 1. Гуртовой Владимир Леонидович,  кандидат физико-математических наук | старший научный сотрудник ИПТМ РАН (онлайн) |
| 1. Демин Вячеслав Александрович,  кандидат физико-математических наук | первый заместитель руководителя по научной работе Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобные технологии, и.о. начальника лаборатории технологий искусственного интеллекта НИЦ «Курчатовский институт» (онлайн) |
| 1. Матюнин Александр Евгеньевич | начальник отдела прикладной вычислительной инфраструктуры Департамента цифрового развития Минобрнауки России (онлайн) |
| От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск | |
| 1. Тайченачев Алексей Владимирович, член-корреспондент РАН | заведующий лабораторией ИЛФ СО РАН, профессор НГУ (онлайн) |
| От Открытого акционерного общества «Российские железные дороги», г. Москва | |
| 1. Смирнов Константин Владимирович,  доктор физико-математических наук | заместитель начальника Департамента квантовых коммуникаций ОАО «РЖД» (очно) |
| 1. Никонов Антон Викторович,  кандидат физико-математических наук | начальник отдела по взаимодействию с научным комплексом Департамента квантовых коммуникаций ОАО «РЖД» (очно) |
| 1. Никандров Илья Геннадьевич | начальник отдела управления проектами и договорной работы ОАО «РЖД» (очно) |
| От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва | |
| 1. Сыч Денис Васильевич,  кандидат физико-математических наук | старший научный сотрудник, профессор ФИАН (очно) |
| От Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», г.о. Солнечногорск Московской обл. | |
| 1. Швыдун Владимир Владимирович,  доктор технических наук | заместитель генерального директора по перспективным исследованиям и инновациям ФГУП «ВНИИФТРИ» (очно) |
| От Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва | |
| 1. Ожегов Роман Викторович,  кандидат физико-математических наук | и.о. директора Центра компетенций НТИ «Квантовые коммуникации» НИТУ МИСИС (очно) |

# ПОВЕСТКА ДНЯ:

(1) очно к.т.н. Глейм Артур Викторович (ОАО «РЖД»). О реализации научно-технических проектов в рамках «дорожной карты» развития высокотехнологичного направления «Квантовые коммуникации».

(2) очно к.ф.-м.н. Сыч Денис Васильевич (ФИАН). О ходе выполнения научно-технических проектов экспертной группы «Абонентские системы и компонентная база» секции «Квантовые коммуникации» Научно-технического совета ОАО «РЖД».

(3) очно чл.-корр. РАН Калачёв Алексей Алексеевич (ФИЦ КазНЦ РАН). О ходе выполнения научно-технических проектов экспертной группы «Перспективные технологии» секции «Квантовые коммуникации» Научно-технического совета ОАО «РЖД».

(4) очно чл.-корр. РАН Калачёв Алексей Алексеевич (ФИЦ КазНЦ РАН). О ходе выполнения научно-технических проектов экспертной группы «Сетевые технологии» секции «Квантовые коммуникации» Научно-технического совета ОАО «РЖД».

Выработка рекомендаций по реализации научно-технических проектов в рамках «дорожной карты» развития высокотехнологичного направления «Квантовые коммуникации». Подведение итогов заседания.

(академик РАН Г.Я. Красников; академик РАН А.А. Горбацевич;   
академик РАН И.А. Каляев; чл.-корр. РАН Е.С. Горнев;   
чл.-корр. РАН А.А. Калачёв; член-корр. РАН Н.Н. Колачевский;   
чл.-корр. РАН А.В. Турлапов; д.т.н. С.И. Донченко; д.ф.-м.н. С.А. Моисеев;   
д.ф.-м.н. К.В. Смирнов; к.т.н. А.В. Глейм; к.ф.-м.н. Д.В. Сыч)

1. В заседании Бюро Совета приняли участие 42 из 68 членов Бюро и членов Научного совета РАН «Квантовые технологии», а также 7 приглашенных ученых и специалистов — всего 49 человек из 47 организаций и их подразделений. В обсуждении повестки дня участвовало 12 человек.
2. Во вступительном слове при открытии заседания председатель Совета определил повестку дня и регламент выступлений.
3. К.т.н. Глейм А.В. (ОАО «РЖД») сообщил о том, что в рамках реализации дорожной карты развития высокотехнологичного направления «Квантовые коммуникации» (далее – Дорожная карта) в 2020-2024 гг. создана система формирования и экспертизы научно-технических проектов, сформирован пул проектов, решающих ряд принципиальных задач в области квантовых коммуникаций в соответствии с целями и задачами Дорожной карты. В настоящее время необходимо обеспечить преемственность и бесшовность реализации мероприятий Дорожной карты на период до 2030 гг. в рамках Национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства», в том числе реализуемых научно-технических проектов.
4. К.ф.-м.н. Сыч Д.В. (ФИАН) представил информацию по проектам, направленным на создание оптоэлектронной компонентной базы квантовых коммуникаций (ОКР «Разработка приемника одиночных фотонов на базе отечественного лавинного фотодиода для систем квантовой коммуникации», ОКР «Разработка низкошумящего полупроводникового детектора одиночных фотонов для квантовых коммуникаций»), а также отечественного оборудования для квантово-защищенных систем (НИР «Программно-аппаратный комплекс защищенной передачи данных в мобильных сетях стандартов 4G/5G с применением технологий квантового распределения ключей»). В докладе приведена информация по участникам НИР и ОКР, текущим результатам, техническим характеристикам и деталям реализации. Отмечено, что завершение рассмотренных проектов ожидается в 2025 г.

Докладчик и к.т.н. Глейм А.В. (ОАО «РЖД») ответили на вопросы: каковы успехи по достижению заявленного в ТЗ значения емкости для приемника одиночных фотонов? Имеются ли перспективы изготавливать детектор одиночных фотонов с применением отечественного сырья достаточной степени чистоты для напыления (например, ИХВВ РАН)? Сохраняется ли актуальность постановки линейки новых НИОКР для успешного выполнения работ по детектору одиночных фотонов? Какие требования по точности синхронизации программно-аппаратных комплексов предъявляются и какие подходы к их выполнению предполагаются? В чем смысл выполнения дублирующих друг друга проектов с различием только в параметрах полупроводниковых детекторов одиночных фотонов АО «ОКБ-Планета» и СПбПУ?

1. Чл.-корр. РАН Калачёв А.А. (ФИЦ КазНЦ РАН) представил информацию по проектам, направленным на создание квантовых повторителей и недоверенных узлов квантовой сети (НИР «Разработка системы квантового распределения ключа с квантовым повторителем на основе оптической памяти», НИР «Разработка устройства квантового распределения ключей с использованием недоверенного центрального узла»), а также источников однофотонных и несепарабельных состояний (НИР «Разработка источников одиночных фотонов для систем квантового распределения ключей»). В докладе приведена информация по участникам НИР, текущим результатам, техническим характеристикам и деталям реализации. Отмечено, что завершение рассмотренных проектов ожидается в 2025 г.

Докладчик и к.т.н. Глейм А.В. (ОАО «РЖД») ответили на вопросы: в чем отличие представленного Вами проекта от аналогичного проекта по созданию системы централизованного квантового распределения ключа с топологией «звезда», выполняемого несколько лет назад Университетом ИТМО? Действительно ли новый протокол Measurement-Device-Independent Quantum Key Distribution для топологии «звезда» позволяет синхронизировать на недоверенном узле два ключа и обеспечить дальнейшее общение Алисы и Боба по открытому каналу; в чем отличие этого протокола от рассмотренных ранее на заседаниях Совета, в том числе Twin-Field Quantum Key Distribution для удвоения расстояния? Какой действует механизм рассмотрения, утверждения и добавления новых проектов в горизонте до 2030 г.? Указано, что шесть из рассматриваемых на текущем заседании работ должны заканчиваться с присвоением литеры «О1»; при том, что результаты уже получены, указанная литера присваивается в 2024 или в 2025 г.? К какому году можно ожидать оконечное оборудование для защищенной передачи данных? На сколько увеличится дальность передачи ключа при использовании твердотельной квантовой памяти, если без нее дальность по световоду составляет 200-300 км? Что именно ставится конечным результатом, на каких расстояниях должны функционировать предлагаемые решения? Имеется ли дублирование проектов по источнику одиночных фотонов?

1. Чл.-корр. РАН Калачёв А.А. (ФИЦ КазНЦ РАН) представил информацию по проектам, направленным на создание абонентских устройств для сетей квантового распределения ключей (ОКР «Клиентский модуль систем квантового распределения ключей для корпоративных сетей и центров обработки данных»), оборудования магистральных сетей (НИОКР «Средство криптографической защиты информации с интерфейсом для получения квантового ключа и эффективной скоростью передачи данных более 100 Гбит/с»), а также высокопроизводительных систем квантовой коммуникации (НИОКР «Разработка технологий и устройств квантовых коммуникаций для магистральных линий большой протяженности», НИОКР «Система квантовой выработки ключей со скоростью более 1 Мбит/с для сетей связи высокой емкости»). В докладе приведена информация по участникам ОКР и НИОКР, текущим результатам, техническим характеристикам и деталям реализации. Отмечено, что завершение ОКР «Клиентский модуль систем квантового распределения ключей для корпоративных сетей и центров обработки данных» и НИОКР «Средство криптографической защиты информации с интерфейсом для получения квантового ключа и эффективной скоростью передачи данных более 100 Гбит/с» ожидается в 2025 г. По проектам НИОКР «Разработка технологий и устройств квантовых коммуникаций для магистральных линий большой протяженности» и НИОКР «Система квантовой выработки ключей со скоростью более 1 Мбит/с для сетей связи высокой емкости» наблюдается значительное отставание от запланированных сроков их реализации.

Докладчик и к.т.н. Глейм А.В. (ОАО «РЖД») ответили на вопросы: получается, что два проекта целесообразно прекратить и повторно запустить с актуализацией требований к результатам, а два других целесообразно продлить? Как, не имея опыта в создании устройств 4G, 5G, можно сразу создать соответствующий клиентский модуль?

1. Академик РАН А.А. Горбацевич (ФИАН, НИУ МИЭТ, АО «НИИМЭ») прокомментировал полученные до начала (письменно) заседания экспертные комментарии, вопросы и замечания от членов Бюро Совета и членов Совета: какова ситуация по проектам с КРК по открытому пространству (атмосфера, космос)? Какие состояние и перспективы по сертификации изделий? Какова ситуация по проектам с фотонными интегральными схемами? Какова ситуация по сверхпроводниковому криогенному детектору одиночных фотонов? Участвует ли ОАО «РЖД» в разработке и применении постквантовых алгоритмов? Ответы были получены от представителей ОАО «РЖД» — к.т.н. Глейма А.В., д.ф.-м.н. Смирнова К.В.

Заслушаны следующие предложения членов Бюро Совета и членов Совета. Чл.-корр. РАН Горнева Е.С. — о необходимости проведения экспертизы в Совете проектов, имеющих высокую прикладную составляющую и выполняемых академическими институтами. Чл.-корр. РАН Турлапова А.В. — о необходимости сосредоточения на создании научных и технологических основ с опорой на отечественные технологии: оптоэлектронику, высокочистые материалы, технологическое и измерительное оборудование. Чл.-корр. Колачевского Н.Н. — о необходимости сохранять сложившиеся коллективы ученых и разработчиков, принимавших участие в завершенных проектах (на примере МИСИС).

1. В заключительном слове заместитель председателя Совета академик РАН А.А. Горбацевич поблагодарил авторов за предоставленные доклады и их обсуждение, выразил уверенность в интеграции усилий организаций и предприятий в части квантовых коммуникаций.

# РЕШИЛИ:

1. Принять к сведению представленные материалы о ходе выполнения научно-технических проектов в рамках реализации Дорожной карты.
2. Рекомендовать:
   1. ОАО «РЖД»:

– в докладах по проектам, реализуемым в рамках Дорожной карты, представлять более детальную информацию по достигнутым результатам;

– итоговые результаты выполнения проектов, реализуемых в рамках Дорожной карты, имеющих высокую прикладную составляющую и выполняемых академическими институтами, проводить через экспертизу Совета;

– рассмотреть вопрос о включении программы проведения исследований и создания комплексов аппаратуры распространения частотно-временной информации и сигналов синхронизации по помехоустойчивым волоконным каналам связи магистральных квантовых сетей в Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» (по представлению д.т.н. Донченко С.И.);

– предоставить в Совет более детальную информацию по синхронизации мобильных комплексов передачи данных в сетях 5G, используемых в НИР «Программно-аппаратный комплекс защищенной передачи данных в мобильных сетях стандартов 4G/5G с применением технологий квантового распределения ключей» (отв. к.ф.-м.н. Сыч Д.В.);

– при разработке квантовой памяти уделить внимание оценке и обеспечению оригинальности применяемых подходов (отв. чл.-корр. РАН Калачёв А.А.).

1. Для успешного достижения целей и задач Дорожной карты в рамках Соглашения от 29 декабря 2022 г. № 186 о намерениях между Правительством Российской Федерации и ОАО «РЖД» в целях развития высокотехнологичного направления «Квантовые коммуникации» в 2025-2030 гг. отметить целесообразность продолжения в рамках Национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» и завершения в 2025 году научно-технических проектов:
   1. НИР «Разработка системы квантового распределения ключа с квантовым повторителем на основе оптической памяти»;
   2. НИР «Разработка устройства квантового распределения ключей с использованием недоверенного центрального узла»;
   3. ОКР «Разработка приемника одиночных фотонов на базе отечественного лавинного фотодиода для систем квантовой коммуникации»;
   4. ОКР «Клиентский модуль систем квантового распределения ключей для корпоративных сетей и центров обработки данных»;
   5. НИОКР «Средство криптографической защиты информации с интерфейсом для получения квантового ключа и эффективной скоростью передачи данных более 100 Гбит/с»;
   6. ОКР «Разработка низкошумящего полупроводникового детектора одиночных фотонов для квантовых коммуникаций»;
   7. НИР «Разработка источников одиночных фотонов для систем квантового распределения ключей»;
   8. НИР «Программно-аппаратный комплекс защищенной передачи данных в мобильных сетях стандартов 4G/5G с применением технологий квантового распределения ключей».
2. Отметить отсутствие перспектив и предпосылок к успешному завершению в 2025 году работ «Разработка технологий и устройств квантовых коммуникаций для магистральных линий большой протяженности» и «Система квантовой выработки ключей со скоростью более 1 Мбит/с для сетей связи высокой емкости» и рекомендовать ОАО «РЖД» рассмотреть возможность прекращения указанных работ и их повторного запуска с актуализацией требований к основным результатам.

Ученый секретарь Совета,

к.т.н. О.А. Тельминов