«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Научного совета РАН «Квантовые технологии»,
президент РАН

академик РАН

Г.Я. Красников

« » 202   г.

**ПРОТОКОЛ
научного семинара Научного совета РАН «Квантовые технологии»
по теме «Квантовые вычисления»**

**ДАТА И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:** 13 декабря 2024 г. с 09:30 до 10:41; 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. Холево Александр Семёнович, академик РАН
 | заместитель председателя Совета, заведующий отделом, главный научный сотрудник МИАН (онлайн) |
| 1. Каляев Игорь Анатольевич, академик РАН
 | научный руководитель направления ЮФУ, главный научный сотрудник НИИ МВС ЮФУ (онлайн) |
| 1. Кведер Виталий Владимирович, академик РАН
 | главный научный сотрудник, научный руководитель ИФТТ РАН (онлайн) |
| 1. Кульчин Юрий Николаевич, академик РАН
 | вице-президент РАН (онлайн) |
| 1. Латышев Александр Васильевич, академик РАН
 | директор ИФП СО РАН (онлайн) |
| 1. Волович Игорь Васильевич, член-корреспондент РАН
 | заведующий отделом, главный научный сотрудник МИАН (онлайн) |
| 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. 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 (онлайн) |
| 1. Кулик Сергей Павлович, доктор физико-математических наук
 | научный руководитель Центра квантовых технологий Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (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. Никитов Сергей Аполлонович, академик РАН
 | директор ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (онлайн) |
| 1. Благов Александр Евгеньевич, член-корреспондент РАН
 | вице-президент 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 (очно) |
| 1. Турлапов Андрей Вадимович, член-корреспондент РАН
 | заведующий лабораторией ультрахолодных квантовых систем ИПФ РАН, начальник лаборатории ФГУП «ВНИИФТРИ» (очно) |
| 1. Печень Александр Николаевич, профессор РАН, доктор физико-математических наук
 | заведующий отделом математических методов квантовых технологий МИАН, главный научный сотрудник НИТУ МИСИС (онлайн) |
| 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. Андрияш Александр Викторович, доктор физико-математических наук
 | научный руководитель ФГУП «ВНИИА» (очно) |
| 1. Астафьев Олег Владимирович, доктор физико-математических наук
 | заведующий лабораторией искусственных квантовых систем МФТИ (онлайн) |
| 1. Гольцман Григорий Наумович, доктор физико-математических наук
 | заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики МПГУ, главный научный сотрудник НИТУ МИСИС (онлайн) |
| 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. Погосов Вальтер Валентинович, доктор физико-математических наук
 | начальник лаборатории микро- и наноструктур ФГУП «ВНИИА» (очно) |
| 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» (онлайн) |
| 1. Вьюрков Владимир Владимирович, кандидат физико-математических наук
 | ведущий научный сотрудник Отделения ФТИ им. К.А. Валиева НИЦ «Курчатовский институт» (очно) |
| 1. Глейм Артур Викторович, кандидат технических наук
 | начальник Департамента квантовых коммуникаций ОАО «РЖД» (онлайн) |
| 1. Заблоцкий Алексей Васильевич, кандидат физико-математических наук
 | заместитель руководителя направления информационных исследований – руководитель Центра перспективной электроники Фонда перспективных исследований (очно) |
| 1. Родионов Илья Анатольевич, кандидат технических наук
 | директор научно-образовательного центра «Функциональные Микро/Наносистемы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, научный руководитель по направлению ФГУП «ВНИИА» (очно) |
| 1. Федоров Алексей Константинович, кандидат физико-математических наук
 | научный руководитель группы «Квантовые информационные технологии» РКЦ (очно) |
| От Фонда перспективных исследований, г. Москва |
| 1. Ерпылов Алексей Анатольевич, кандидат технических наук
 | руководитель проекта Фонда перспективных исследований (очно) |
| От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела Российской академии наук, г. Черноголовка Московской обл. |
| 1. Левченко Александр Алексеевич, член-корреспондент РАН
 | директор ИФТТ РАН (онлайн) |
| От Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, г. Санкт-Петербург |
| 1. Шубина Татьяна Васильевна, доктор физико-математических наук
 | главный научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе (онлайн) |
| От Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» |
| 1. Четверушкин Борис Николаевич, академик РАН
 | научный руководитель ИПМ им. М.В. Келдыша РАН (очно) |
| От Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» |
| 1. Лебедев Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук
 | ведущий научный сотрудник ФГУП «ВНИИА», ведущий научный сотрудник МФТИ (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) |
| 1. Хромов Максим Николаевич, кандидат физико-математических наук
 | заместитель начальника ГМЦ ГСВЧ по научной работе ФГУП «ВНИИФТРИ» (онлайн) |
| От Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», г. Саров Нижегородской обл. |
| 1. Огнев Сергей Петрович, кандидат физико-математических наук
 | начальник отдела ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (онлайн) |

# ПОВЕСТКА ДНЯ:

(1) очно к.ф.-м.н. Лебедев Андрей Владимирович, д.ф.-м.н. Погосов Вальтер Валентинович (ФГУП «ВНИИА»), к.т.н. Родионов Илья Анатольевич (МГТУ им. Н.Э. Баумана, ФГУП «ВНИИА»), д.ф.-м.н. Андрияш Александр Викторович (ФГУП «ВНИИА»). Перспективы использования квантового компьютера в интересах решения задач математической физики.

Обсуждение.

(академик РАН Г.Я. Красников; академик РАН А.А. Горбацевич;
академик РАН И.А. Каляев; академик РАН Б.Н. Четверушкин;
чл.-корр. РАН И.В. Волович; чл.-корр. РАН Н.Н. Колачевский;
чл.-корр. РАН Е.Н. Николаев; д.ф.-м.н. А.В. Андрияш; д.ф.-м.н. С.П. Кулик;
д.ф.-м.н. Н.В. Суетин)

1. В научном семинаре Совета приняли участие 38 из 68 членов Бюро и членов Научного совета РАН «Квантовые технологии», а также 8 приглашенных ученых и специалистов — всего 48 человек из 44 организаций и их подразделений. В обсуждении повестки дня участвовало 10 человек.
2. Во вступительном слове при открытии заседания председатель Совета академик РАН Г.Я. Красников определил повестку дня и регламент выступлений.
3. К.ф.-м.н. Лебедев А.В. (ФГУП «ВНИИА») сообщил об анализе перспектив использования квантового вычислителя для решения задач математической физики. Разработаны и исследованы квантовые алгоритмы для решения модельных задач: уравнения Пуассона и уравнения диффузии. Предложена гипотеза о квантовом канале для алгоритмов большой квантовой глубины, на основании которой может быть дана консервативная оценка на точность выполнения алгоритма и его время выполнения. Найден необходимый размер квантового процессора (количества кубитов), время выполнения алгоритма и точность квантовых логических вентилей, необходимых для достижения квантового вычислительного выигрыша при решении задачи заданной сложности. Разработан важный класс вариационных квантовых алгоритмов, позволяющих достигать вычислительного преимущества для квантовых процессоров промежуточного размера порядка 50-100 кубитов и точности 2-х кубитных операций > 99,99 %. Проведена экспериментальная демонстрация решения уравнения диффузии на пространственной сетке из 8-и узлов и на одном временном шаге на 4-кубитном и 7-кубитном сверхпроводниковом квантовом процессоре. Показано, что экспериментально достигнутая точность алгоритма оказывается выше, чем дает консервативная оценка на основе значения квантовой глубины алгоритма.

Докладчик и д.ф.-м.н. Андрияш А.В. (ФГУП «ВНИИА») ответили на вопросы: для своей модели шума Вы сосредоточивались на СКВИДах, а какая модель шума на ионной платформе? Рассматривали ли Вы недавнюю заметку, где показано решение уравнения для колебания двух пластин? При решении задач математической физики на классических компьютерах требуется постоянная подкачка данных из памяти; оценивали ли Вы аналогичные потери производительности при вычислениях на быстрых квантовых компьютерах с медленной кремниевой памятью? Выполняли ли Вы сравнение с помощью бенчмарков по энергоэффективности и масштабированию своего решения со специализированными вычислителями и алгоритмами, с современными методами машинного обучения? Рассматривали ли возможность расширения размерности представленных Вами одномерных решений до пространственно-многомерных, потребуется ли для этого качественно другие подходы или разработки? Поясните, что Вы имеете ввиду под термином «логические кубиты» и парадигмой шумящих физических гейтов? Полученные Вами оценки сделаны с учетом архитектуры или полной связности; как это повлияет на итоговое решение, если не удастся выполнить переход «one-to-one»? Как Вы оценивали качество двухкубитной операции — консервативно или с помощью коррелированных компенсаций? Как можно унифицировать характеризацию точности операций в квантовом алгоритме? Способны ли квантовые алгоритмы выполнять обращение матрицы? Действительно ли в этом цикле работ Вы рассматриваете только решение системы линейных уравнений; планируете ли перейти к другим направлениям?

В ходе обсуждения академик РАН Каляев И.А. (ЮФУ, НИИ МВС ЮФУ) ответил на вопрос: имеются ли под задачи теплопроводности или уравнения Пуассона специализированные компьютеры, обладающие производительностью на несколько порядков выше, чем у классических компьютеров?

1. В заключительном слове заместитель председателя Совета академик РАН А.А. Горбацевич поблагодарил авторов за предоставленный доклад и его обсуждение, выразил уверенность в интеграции усилий организаций и предприятий в части квантовых вычислений.

# РЕШИЛИ:

1. Принять к сведению представленные материалы и их обсуждение.
2. Использование квантового процессора в режиме сопроцессора в сочетании с классическим компьютером может иметь перспективы для решения уравнений классической математической физики, как было показано в докладе по результатам выполненной трехлетней работы.
3. Рекомендовано продолжить работы с более широким привлечением специалистов в области классической вычислительной математики с целью разработки гибридных квантово-классических алгоритмов для решения актуальных прикладных задач.

Ученый секретарь Совета,

к.т.н. О.А. Тельминов