

## СТЕНОГРАММА

заседания № 19-02 диссертационного совета Д 720.001.02 на базе Международной межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований от 18 апреля 2019 г.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ диссертационного совета - доктор физико-математических наук, профессор Малахов Александр Иванович.

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ диссертационного совета - кандидат физико-математических наук Арефьев Валентин Александрович.

На заседании присутствовали члены диссертационного совета:

Специальность 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, физико-математические науки:

Водопьянов Александр Сергеевич	- доктор физико-математических наук
Глаголев Виктор Викторович	- доктор физико-математических наук
Мелкумов Георгий Левонович	- доктор физико-математических наук
Никитин Владимир Алексеевич	- доктор физико-математических наук
Таратин Александр Михайлович	- доктор физико-математических наук
Тяпкин Игорь Алексеевич	- доктор физико-математических наук
Ужинский Владимир Витальевич	- доктор физико-математических наук
Арефьев Валентин Александрович	- кандидат физико-математических наук.

Специальность 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, технические науки:

Калинников Владимир Александрович	- доктор технических наук
Матюшин Валентин Таравович	- доктор физико-математических наук
Романов Юрий Иванович	- доктор технических наук
Тимошенко Геннадий Николаевич	- доктор физико-математических наук
Тютюнников Сергей Иванович	- доктор технических наук

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц, физико-математические науки:

Батюня Борис Владимирович	- доктор физико-математических наук
Кекелидзе Владимир Дмитриевич	- доктор физико-математических наук
Капишин Михаил Николаевич	- доктор физико-математических наук
Мадигожин Дмитрий Турыскалиевич	- доктор физико-математических наук
Малахов Александр Иванович	- доктор физико-математических наук
Панебратцев Юрий Анатольевич	- доктор физико-математических наук
Строковский Евгений Афанасьевич	- доктор физико-математических наук

Специальность 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, технические науки:

Агапов Николай Николаевич	- доктор технических наук
Коваленко Александр Дмитриевич	- доктор физико-математических наук
Костромин Сергей Александрович	- доктор физико-математических наук
Шарков Борис Юрьевич	- доктор физико-математических наук
Ширков Григорий Дмитриевич	- доктор физико-математических наук

**А.И. Малахов.** Уважаемые коллеги, кворум у нас есть, 25 членов совета присутствуют и 5 докторов по специальности, достаточно трёх по специальности, и 21 минимум член должно быть. Начинаем первое заседание. Согласно регламенту, который нам предписывает ВАК, мы должны раздать всем заключение совета. Если кто-то не получил — можно взять. Объявляю защиту диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.20 — физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. Тема диссертации указана на экране. Диссертация выполнена в Лаборатории физики высоких энергий имени Векслера и Балдина. Научные руководители. Ширков Григорий Дмитриевич, доктор физ.-мат. наук, член-корреспондент РАН, член нашего совета. И Минашкин Владимир Фёдорович, кандидат технических наук. Официальные оппоненты. Карнаев Сергей Евгеньевич, доктор технических наук, Институт ядерной физики Будкера, Сибирское отделение РАН, ведущий научный сотрудник. Он по уважительной причине отсутствует, отзыв его положительный имеется, по правилам мы имеем с одним отсутствующим оппонентом право на защиту. И второй оппонент — Канцырев Алексей Викторович, кандидат физ.-мат. наук, Лаборатория физики высокой плотности энергии в веществе при воздействии интенсивных ионных пучков Института теоретической и экспериментальной физики имени Алиханова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», начальник лаборатории. Отзыв тоже имеется, положительный, и Алексей Викторович здесь присутствует. Ведущая организация — Институт ядерных исследований Российской академии наук. Валентин Александрович, слово вам для ознакомления с документами, которые имеются в деле. Пожалуйста.

**В.А. Арефьев.** В совет поступило заявление от Ноздрина Михаила Александровича. Прошу принять к рассмотрению и защите мою диссертацию на тему «Комплекс аппаратно-программных средств управления и диагностики для ускорителя электронов Линак-200 и прототипа фотоинжектора ОИЯИ» на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 01.04.20 — физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. Защита работы проводится впервые. Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело и их дальнейшую обработку. Подтверждаю, что все представляемые к защите данные и результаты являются подлинными и оригинальными и, кроме специально оговоренных случаев, получены мной лично. Советом была назначена комиссия по предварительному рассмотрению диссертации в составе Александр Дмитриевич Коваленко, Сергей Иванович Тютюнников и Валентин Александрович Арефьев. Комиссия рекомендовала

принять диссертацию к защите, и диссертация к защите была принята. Ноздрин Михаил Александрович, родился 7 декабря 1980 года, г. Дубна, Московская область, гражданство — Российская Федерация. Образование высшее, закончил Московский институт радиоэлектроники и автоматики — МИРЭА. Получил специальность «Электроника и автоматика физических установок». Диплом, выданный институтом, в деле имеется. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов по специальности «физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника», история и философия науки, английский язык. Все экзамены сданы отлично. Владеет английским свободно, немецкий, голландский со словарём. Учёной степени и звания не имеет. Опубликовано 10 статей в журналах, 25 в трудах научных мероприятий и препринтах. В настоящее время работает старшим инженером в ЛФВЭ ОИЯИ. Следующие документы: отзыв ведущей организации, Института ядерных исследований РАН, заключение Научно-технического совета Лаборатории физики высоких энергий, отзыв научных руководителей, и два отзыва официальных оппонентов. Документы соответствуют Положению о порядке присуждения учёных степеней.

**А.И. Малахов.** Спасибо. Вопросы по документам есть какие-нибудь? Ну тогда можно приступить нам к тому, чтобы предоставить слово соискателю, чтобы он изложил основные положения, результаты и выводы диссертации. Михаил Александрович, пожалуйста.

**М.А. Ноздрин** (соискатель). Добрый день. Микрофон не надо, да, я так понимаю? Слышино всем? Хорошо. Основными целями моей работы были, во-первых, анализ требований к системе управления ускорителя электронов Линак-200, разработка и создание на этой основе системы управления, которая этим требованиям удовлетворяет. Второе это разработка и создание стенда для проведения исследования термо- и фотокатодов. И третье это разработка и создание систем диагностики электронного пучка для Линак-200 и стендов фотопушки и фотоинжектора, а также лазерного пучка для стенда фотопушки. Научная новизна состоит в следующем. Во-первых, разработана концепция минимального и достаточного набора подсистем управления для Линак-200 взамен устаревших либо избыточно сложных аналогов ускорителя МЕА, создано недостающее оборудование для этих подсистем и оригинальное программное обеспечение. Во-вторых, разработан, создан и используется стенд для исследования термо- и фотокатодов, на котором в настоящий момент проводятся поисковые исследования по одной из основных задач в области фотокатодных разработок, это создание фотокатода, который не требует для работы сверхвысокого вакуума, но при этом обладает приемлемыми квантовым выходом и временем жизни. Фотокатодная сборка с предложенным в ОИЯИ «прозрачным» фотокатодом интегрирована в ускоряющую структуру фотоинжектора, и осуществлен физический пуск прототипа фотоинжектора. И, наконец, разработанная система диагностики электронного пучка на основе высокочувствительной видеокамеры Prosilica позволила впервые в ОИЯИ получить изображение поперечного профиля электронного пучка с разрешением до 35 пикселей на миллиметр и изображение лазерного пучка на виртуальном катоде с аналогичным разрешением. Практическая значимость работы состоит в том, что во-первых, созданная система управления ускорителя Линак-200 позволила обеспечить физический запуск ускорителя, были запущены все ускорительные станции, ток пучка

на выходе ускорителя составил 1,5 мА при проектной энергии 200 МэВ, на пользовательском выводе при энергии 22 МэВ ток составил 15 мА в импульсе. Также система позволила обеспечить получение генерируемого пучком электронов инфракрасного излучения на ондуляторе, и в целом бесперебойную работу ускорителя, в частности, работу на пользователя: исследование сцинтилляторов на выведенном пучке предельно низкой интенсивности; исследование радиационной стойкости полупроводниковых материалов для создания калориметра в рамках коллаборации FCAL. Далее, созданный стенд фотопушки позволил проводить исследовательские работы по развитию и оптимизации DC-фотоинжектора с энергией электронов в пучке до 30 кэВ на базе предложенного «прозрачного» для лазерного луча фотокатода; по разработке и совершенствованию фотокатодов с целью увеличения квантового выхода, времени жизни и снижения требований к вакуумным условиям. Создаваемый полномасштабный стенд фотоинжектора позволит проводить эти исследования с новым лазерным драйвером и пучком электронов с энергией до 400 кэВ. И, наконец, системы диагностики электронного пучка на Линак-200 и стенде фотопушки предоставили возможность регистрации профиля, размеров и распределения интенсивности пучка электронов (а на стенде фотопушки — и лазерного луча). Непосредственно мной было разработано программное обеспечение для систем управления электронной пушкой, радиационного контроля и контроллера системы термостабилизации Линак-200, плата контроллера электронной пушки (электроника и программное обеспечение микроконтроллера платы), системы видеодиагностики для Линак-200 и стенда фотопушки, и система измерения эмиттанса для стенда фотопушки. Личный вклад автора в получение остальных защищаемых результатов также является определяющим. На защиту выносятся: во-первых, концепция новой системы управления линейного ускорителя электронов Линак-200, основанная на обособленных подсистемах управления с минимальными временными и финансовыми затратами при создании. Основные компоненты этой системы, а именно система управления электронной пушки, выполненная на базе аппаратуры катодной электроники инжектора ускорителя МЕА с новой платой контроллера и оригинальным программным обеспечением под Windows XP; концепция системы синхронизации с использованием разработок ОИЯИ в стандарте КАМАК; система радиационного контроля Линак-200, основанная на оборудовании «Аспект» и оригинальное программное обеспечение для нее; система блокировок и сигнализаций, выполненная на базе промышленной аппаратуры ABB с целью повышения отказоустойчивости; и система термостабилизации ускоряющих секций Линак-200, выполненная на базе промышленного оборудования и ПО ОВЕН. Далее, на защиту выносятся концепция и аппаратура стенда для проведения исследования термо- и фотокатодов; система видеодиагностики и видеонаблюдения Линак-200, позволяющая осуществлять диагностику профиля пучка электронов и дистанционное видеонаблюдение за обстановкой в зале ускорителя; и диагностический пост для стенда фотопушки, позволяющий определять различные параметры пучка (профиль, размеры, эмиттанс и т.д.), включая оригинальное программное обеспечение для расчета эмиттанса. Апробация результатов это 7 публикаций в реферируемых журналах, 9 публикаций в трудах конференций и более 20 докладов. Среди которых хотелось бы выделить доклад на научной сессии Отделения физических наук РАН; два семинара по персональным компьютерам и управлению ускорителями заряженных

частиц РСаРАС — это одно из двух основных мировых мероприятий по системам управления научными установками; ну и крупные российские конференции — RuPAC и семинары Саранцева. Здесь представлено содержание моего доклада, он разбит на три части, посвящённые, соответственно, ускорителю Линак-200, стендам фотопушки и фотоинжектора, и диагностике. Начнём с линейного ускорителя электронов Линак-200. Основывается он на оборудовании ускорителя МЕА (Medium Energy Accelerator, ускоритель на средние энергии), который с конца 70-х годов работал в NIKHEF в Амстердаме, и в конце 90-х был передан в ОИЯИ. Здесь кратко представлены задачи ускорителя, в первую очередь это создание общеинститутского стенда для тестирования детекторов, также это исследование радиационной стойкости различного оборудования, образовательные задачи, ну и есть возможность создания комплекса лазеров на свободных электронах на базе ускорителя. Здесь представлены параметры ускорителя и схематическое его изображение. Структурно он разбит на т.н. ускорительные станции, первые две станции питаются от одного клистрона, остальные питаются каждой от своего клистрона. Здесь представлены требования к системе управления и постановка задачи. Ускоритель у нас линейный, поэтому строился и вводился в эксплуатацию он поэтапно. И здесь представлены, собственно, этапы развития ускорителя и системы управления, требуемые для реализации этих этапов. Первый этап — это получение первых электронов, запуск пушки, 400 кэВ энергия. Для этого требуются системы управления электронной пушкой, радиационного контроля, и блокировок и сигнализаций. Далее — нулевая ускорительная станция с энергией 7 МэВ, там требуются системы управления СВЧ-оборудованием и охлаждения клистрона, про это я говорить не буду, это делал не я. Далее, для получения пучка с энергией 22 МэВ и излучения на ондуляторе требуется система термостабилизации ускоряющих секций, и для ввода в строй следующих ускорительных станций требуется система синхронизации. Несколько слов о том, что из себя представляла система управления ускорителем МЕА в Голландии. Это был ряд КАМАК-станций с контроллерами под управлением операционной системы CENIX, центральный контроллер MEAWAY под управлением этой же системы, и два компьютера под управлением SunOS: служебный и с интерфейсом оператора. Почему, собственно, эта система не использовалась? Во-первых, её оборудование и программное обеспечение было разработано в 80-х и начале 90-х, и, к середине 2000-х, когда начались работы в Дубне над ускорителем, оно существенно устарело и производителем не поддерживалось. Также операционная система CENIX и ПО систем управления были разработаны NIKHEF для внутреннего использования, что вылилось в проблемы с документацией. Другим фактором стала ограниченность финансовых и человеческих ресурсов, когда требовалось получить пучок электронов ценой минимальных вложений времени и финансов. Что обусловило децентрализованный подход, когда обособленные подсистемы создавались по мере возникновения в них необходимости. На данном слайде представлены все подсистемы управления Линак-200, дальше я буду говорить о тех, которые я разрабатывал лично, или в разработке которых принимал определяющее участие, это первые шесть. Первая из них — это система управления электронной пушкой. Требуется управлять накалом катода, напряжением на вытягивающем электроде (экстракторе), и на первом из 15 фокусирующих электродов. Реализовано это с помощью катодной электроники. В её состав помимо трёх плат для упомянутых мной только что задач входят плата питания и

плата контроллера, которая обеспечивает связь собственно электроники с компьютером оператора. Эта плата мной была разработана с нуля, вот её схема, и программное обеспечение оператора также разработал я. Следующая система — это система синхронизации. Для этой задачи был выбран существующий в ОИЯИ вариант в конструктиве КАМАК, однако по нашему заказу для него был разработан блок Т12-2, который в отличие от предыдущего блока поддерживает не только задержку синхроимпульса относительно стартового импульса, но и позволяет менять длительность синхроимпульса. Следующая система — система терmostатирования. Выполнена она с максимальным использованием аппаратуры и ПО индустриальных систем для повышения надёжности. Используется оборудование фирмы ОВЕН. За логику системы отвечает измеритель-регулятор TPM138, вот он здесь представлен покрупнее. Далее — система радиационного контроля на детекторах «Аспект», как я уже говорил. Здесь представлено схематичное расположение расположения детекторов в помещениях ускорителя. Это разработанное мной программное обеспечение для этой системы. Можно наблюдать показания детекторов в графическом и числовом виде; можно их наблюдать на схеме, подобной той, что была на предыдущем слайде; архив измерений доступен, различные настройки. Последняя система — это система блокировок и сигнализаций, здесь представлен её распределительный щит. Нужна она для недопущения персонала в зал ускорителя при его работе. Соответственно, имеется блокировка по трём параметрам: по ключу, по закрытым дверям в зал ускорителя, и по включённому компьютеру системы радиационного контроля. Выполнена тоже на промышленном оборудовании, производства АВВ на этот раз. В заключение рассказа о Линак-200 — панорамная фотография пультовой, как всё это вместе выглядит. Это вот компьютер и крейт системы синхронизации; компьютер управления электронной пушкой; видеосистема; система радиационного контроля с блоком питания и коммутации, и двумя датчиками, гамма и нейтронным; это монитор наблюдения за залом и распределительный щит системы блокировок и сигнализаций. По первой части кратко можно резюмировать, что во-первых, акцент при создании системы управления ускорителя на минимальные временные и финансовые затраты, и на децентрализацию системы, себя оправдал. Созданные системы позволили осуществить физический пуск ускорителя, а также получить пучок инфракрасного излучения с ондулятора и обеспечить работу пользователей. Вторая часть посвящена стенда фотопушки и фотоинжектора. Основное, для чего они используются — это исследование различных прозрачных фотокатодов. Пару слов о том, что это такое. Здесь представлена схема работы такого катода. Сам он собой представляет либо металлическую сетку микронных размеров, либо кварцевую или сапфировую пластину, которая служит подложкой для нанесения фотоматериала (как металл это может быть, так и полупроводник). Что касается собственно стендов — первый из них это стенд фотопушки. Он создавался как установка для тестирования катодов для Линак-200, термокатодов. Но уже тогда было предусмотрено использование его в тестировании фотокатодов. Т.е. было предусмотрено прозрачное для лазера окно и, собственно, сам лазер. Лазеры используются такие вот моноимпульсные производства белорусской фирмы LOTIS ТП. В дальнейшем ускоряющая структура с термокатодом была перенесена на Линак-200, а стенд стал использоваться только для фотокатодных исследований. Здесь представлено его развитие в течение нескольких лет.

Увеличивалась энергия с 4 до 6, 12, и в итоге 30 кэВ, добавился фокусирующий магнит с корректирующими обмотками, развивалась диагностика (о чём я скажу позже ещё отдельно). Сейчас стенд выглядит следующим образом. Развитием его является стенд фотоинжектора полномасштабный, прототип фотоинжектора. Здесь представлена схема его помещения в 216 корпусе. В центре находится отдельное выделенное помещение для лазера. Охлаждается лазер чиллером. Это вот ускоряющая структура с фотокатодом прозрачным, высоковольтный источник и линия транспортировки, которая передаёт собственно пучок от лазера на катод. Лазер используется не моноимпульсный, как на стенде фотопушки. У него сложная временная структура: это 10 так называемых макроимпульсов в секунду, каждый из которых состоит из 8000 10-пикосекундных микроимпульсов. Был выполнен физический пуск стенда. Использовался фотокатод из медной сетки 40x40 микрон, напряжение на катоде было -80 кВ, и был извлечён заряд 15 нКл в макроимпульсе. Ну и как это всё выглядит вживую. Эта жёлтенькая стенка это внутреннее помещение лазера, диагностический стол линии транспортировки, ускоряющая структура с вакуумным оборудованием, и там, на заднем плане, высоковольтный источник. В заключение по этой части доклада можно сказать, что создан стенд фотопушки с энергией 30 кэВ, на нём выполнены и продолжают выполняться исследования прозрачных фотокатодов различных типов. И осуществлён физический пуск нового стенда — фотоинжектора. Получен пучок с энергией 80 кэВ и зарядом 15 нКл. Заключительная часть доклада посвящена диагностике на Линак-200 и стенах фотопушки и фотоинжектора. Разработанные для диагностики системы в принципе не ограничены той установкой, для которой они были созданы, могут применяться и применяются на других установках, поэтому они выделены в отдельную главу диссертации и в отдельную секцию доклада. Это схема системы видеонаблюдения Линак-200. Выполнена она на цифровом оборудовании Aviosys. До 16 цифровых видеокамер, до 5 аналоговых, плюс уже упоминавшаяся аналоговая камера, заведённая на телевизор напрямую для видеонаблюдения. Это как всё это выглядит вживую: цифровая камера на фланце, пучок с неё, привод управления люминофорным экраном, пучок с аналоговой камеры и собственно аналоговая камера на фланце. Для стендов фотопушки и фотоинжектора была разработана новая система на основе видеокамеры Prosilica, которая здесь показана. В качестве программного обеспечения используется комплекс AVINE, разработанный в DESY Zeuthen, это вот основной видеоклиент этого комплекса, он обладает массой функций для диагностических вещей, но я на нём останавливаться не буду, потому что это не моя разработка. Собственно, касательно диагностики. Использовалось два варианта. Один с экраном под углом 45 градусов, когда экран расположен внутри вакуумной камеры, а видеокамера закреплена на боковом фланце. Здесь можно видеть лазерный и электронный пучок в этом случае. И второй вариант — когда экран располагается в данном случае на выходном фланце блока измерения эмиттанса со щелевой маской, а камера располагается за ним. Что касается эмиттанса. Я не буду долго рассказывать, какой это важный параметр пучка. Пару слов про метод измерения. При щелевом методе на пути пучка ставится маска с тонкими щелями или с небольшими отверстиями, которая разбивает пучок на небольшие подпучки, бимлеты так называемые. И, зная характеристики маски и характеристики бимлетов на экране, мы можем вот по такой формуле рассчитать эмиттанс. Собственно, мной было разработано программное обеспечение для расчёта

эмиттанса. Работает оно с файлами клиента AVINE, с внутренним форматом. Всё достаточно просто: загружаем изображение, обводим мышкой бимлеты, и считаем, нажатием на кнопку Calc. На предыдущих докладах люди жаловались, что бимлетов не видно. Вот увеличенное изображение трёх бимлетов. Ну и в заключение о диагностике лазерного пучка, от качества которого зависит непосредственно качество пучка электронного. Так вот выглядит лазерный пучок за станцией измерения эмиттанса. А так вот выглядит схема с виртуальным катодом. Это такое расположение оборудования, при котором пучок на экране выглядит так же, как и пучок на катоде, за счёт одинакового расстояния между лазером и экраном, и лазером и катодом. И, в заключение этой части, иллюстрация моих слов в её начале о том, что система может использоваться на других установках. Было проведено тестирование системы на основе камеры Prosilica и программного обеспечения AVINE на ускорителе Линак-200. Был установлен такой вот бокс с люминофорным экраном на 20 МэВах, и получено вот такое изображение пучка, оно здесь в чёрно-белом и в ложном цвете показано. В заключение по этому разделу можно сказать, что создана система видеонаблюдения для Линак-200, создана система видеодиагностики электронного пучка для стенда фотопушки, и создана система видеодиагностики лазерного пучка для стенда фотопушки. Ну и общие выводы таковы. Проведён, во-первых, анализ требований к системе управления линейного ускорителя электронов Линак-200. На его основе разработана, создана и введена в эксплуатацию система управления ускорителя. Разработаны и созданы следующие основные компоненты системы управления ускорителем Линак-200. Это, во-первых, система управления электронной пушки, которая обеспечила регулировку тока пучка ускорителя в пределах от 15 мА до величин порядка 100 нА, которые требуются при исследовании кристаллических сцинтилляторов. Это концепция системы синхронизации, которая позволила запускать две и более ускоряющих станции синхронно с импульсом пушки. Это система радиационного контроля, предоставляющая информацию о радиационной обстановке в зале ускорителя, модуляторном зале, пультовой и прилегающих помещениях. Это система блокировок и сигнализаций, которая обеспечила предотвращение доступа персонала в зоны с повышенным уровнем излучения и предупреждение персонала о возможной радиационной опасности звуковыми и световыми сигналами. И это система терmostабилизации ускоряющих секций, которая обеспечила необходимые параметры секций (тем самым обеспечив необходимые параметры пучка), и позволила увеличить время непрерывной работы ускорителя с нескольких часов до нескольких суток. Далее, был разработан и создан стенд фотопушки на энергию до 30 кэВ для проведения исследований термо- и фотокатодов. Фотокатодная сборка интегрирована в ускоряющую структуру фотоинжектора на 400 кэВ, это позволило осуществить физический пуск нового стенда — фотоинжектора. Получен пучок с энергией 80 кэВ и зарядом 15 нКл. И, наконец, разработаны и созданы системы диагностики электронного пучка, позволяющие регистрировать профиль, размеры и распределение интенсивности пучка электронов на Линак-200 и стенде фотопушки. На последнем также реализована возможность наблюдения профиля лазерного луча. Установлено оборудование измерения эмиттанса пучка с помощью щелевого метода. Разработано оригинальное программное обеспечение для расчета эмиттанса. На этом у меня всё, спасибо за внимание.

**А.И. Малахов.** Спасибо. Так, ну пришло у нас время для вопросов. Пожалуйста. Какие есть вопросы к соискателю? Пока не видно, я тогда спрошу. Вот про этот линейный ускоритель электронный. Вы сказали, там, в начале, что большое применение видится. Конкретно, где сейчас применяется он, что он делает, для чего используется?

**М.А. Ноздрин.** Ну конкретно сейчас... Может быть, лучше Валерий Васильевич Кобец ответит, я могу сказать, что...

**А.И. Малахов.** Вопрос к вам.

**М.А. Ноздрин.** Продолжаются те исследования, во-первых, которые были упомянуты, т.е. это на пучках с единичными электронами, на пучках нормальных для радиационной стойкости, плюс приезжают коллеги из Петербурга для своих экспериментов... Ну может быть, я чего-то ещё не знаю, потому что, честно говоря, я не сильно занимаюсь именно экспериментальной частью в данном случае.

**А.И. Малахов.** Так. Пожалуйста. Борис Юрьевич. Борис Юрьевич, вы первый потянули руку.

**Б.Ю. Шарков** (вице-директор ОИЯИ). Вопрос по поводу измерения эмиттанса. У вас там устанавливается оборудование и на картинке там по существу изображены три бимметра.

**М.А. Ноздрин.** Да.

**Б.Ю. Шарков.** Этого достаточно для измерения эмиттанса и с какой точностью?

**М.А. Ноздрин.** Этого достаточно, точность не оценивалась, но в целом мы планируем увеличить количество бимметров. Это как бы proof-of-principle, то, что в данных условиях оно работает.

**Б.Ю. Шарков.** Можно ещё вопрос?

**А.И. Малахов.** Конечно, пожалуйста.

**Б.Ю. Шарков.** Там у вас на 15-м слайде приведена таблица (вы можете не показывать, я вам так скажу). Там изображены параметры пучка в проекте и сейчас. Максимальный ток на максимальной энергии у вас в 10 раз меньше, чем проектный. Это с чем связано?

**М.А. Ноздрин.** Это связано с тем, что таблица эта составлялась на момент окончания работы над диссертацией, тогда пучок был ещё не до конца проведён через ускоритель. Сейчас, насколько я знаю, проектные параметры достигнуты.

**В.В. Кобец.** Нет, они превышены. Сейчас 20 мА. Получено реально.

**М.А. Ноздрин.** Но так как в диссертации написано так, то я говорю так.

**А.И. Малахов.** Спасибо. Сергей Александрович, по-моему?

**С.А. Костромин.** Борис Юрьевич задал мой вопрос.

**А.И. Малахов.** Удовлетворены, да? Пожалуйста, ещё если есть вопросы.

**В.А. Никитин** Я видел там у вас эффективность фотокатода  $10^{-3}$ . Меня эта цифра удивила, потому что мы-то работаем с фотокатодами, у которых эффективность 20%.

**М.А. Ноздрин.** Это зависит от многих параметров. В том числе это зависит от того, как мы измеряем эффективность. Во-первых, вы работаете наверняка с полупроводниковыми фотокатодами.

**В.А. Никитин.** Нет, и с вакуумными тоже. Фотоумножители.

**М.А. Ноздрин.** Нет, ну сделаны, в смысле, они из полупроводников? Ладно, это вопрос, на самом деле, достаточно серьёзный. Сейчас я этот слайд открою. Вот, приемлемый квантовый выход в данном случае... Ну, надо сказать, во-первых, что существует два основных типа фотокатодов, это металлы и полупроводники. То есть катодов именно для генерации пучков электронов. И они как бы взаимно перпендикулярны, грубо говоря. Т.е. металлы, они хорошо устойчивы, они долго живут, но у них очень низкий квантовый выход. У них, в принципе, квантовый выход в целом даже меньше, чем  $10^{-3}$ , там  $10^{-4} - 10^{-5}$  обычно. Полупроводники имеют хороший квантовый выход, в том числе до десятков процентов, но при этом они очень чувствительны к вакуумным условиям, они недолго живут, и так далее. Т.е. идея в данном случае состоит в том, чтобы создать фотокатод, который будет обладать условно хорошими свойствами и от металлов и от полупроводников. И в данном случае квантовый выход  $10^{-3}$  видится достаточно приемлемым.

**А.И. Малахов.** Владимир Алексеевич, удовлетворены?

**В.А. Никитин.** Да, понял, спасибо.

**А.И. Малахов.** Хорошо, спасибо. Ещё какие-то вопросы есть? Не вижу. Поскольку Михаил Александрович довольно сильно сэкономил нам время, у нас есть возможность ещё до перерыва послушать.

**М.А. Ноздрин.** Мне было сказано, что у меня 20 минут.

**А.И. Малахов.** Ну, бывает сказано, а народ разговаривается больше. Так что спасибо, молодец. Теперь у нас, я думаю, есть время предоставить слово, если есть желание, научным руководителям. Обоим или одному из двух.

**Г.Д. Ширков** (научный руководитель). Ну давайте, может быть, я начну, а меня дополнят.

**А.И. Малахов.** Да, пожалуйста.

**Г.Д. Ширков.** Ну я не хочу оценивать научную значимость и значение диссертации, есть оппоненты, есть ведущая организация, они своё слово скажут. И я, конечно, поддерживаю эту работу, безусловно. Я бы хотел обратить внимание на некоторые личностные свойства соискателя. Только что был вопрос о том, почему параметры пучка ниже проектных. А потому что когда писалась диссертация — они были такие. Я хочу обратить внимание на терпение и настойчивость диссертанта, что, на самом деле, очень важно в научных исследованиях. Эта работа проводилась больше десятка лет безусловно. И условия, в которых все работы велись на ускорителе Линак-200 — очень

сложные. Это на задачах площадки ЛЯПовской, в необорудованном, фактически, здании. Ну и только люди с большим энтузиазмом способны на такое. И вот, несмотря на это, работа в конце концов доведена до конца. Она доведена до конца, получены результаты, когда она была представлена научной общественности — возникло довольно много вопросов. Её пришлось достаточно сильно перерабатывать, правильно это было, неправильно, наверное, в конце концов правильно. Дальше двигаемся. Вот, диссертация готова, её можно приносить в совет — совет наш переоформляется. И вот несмотря на все вот эти вот преграды и все вот эти испытания, диссертант в конце концов сегодня доложился, дошёл до финишной прямой, и мне его выступление, честно говоря, понравилось. И я призываю членов совета, я сам буду голосовать «за», призываю членов совета поддержать эту диссертацию, и поддержать нашего сотрудника, который много лет работает в институте. Спасибо.

**А.И. Малахов.** Спасибо, Григорий Дмитриевич. Так, Владимир Фёдорович?

**Б.Ю. Шарков.** А можно вопрос к руководителю?

**А.И. Малахов.** Пожалуйста.

**Б.Ю. Шарков.** Вопрос такой. Там вот был слайд с апробацией работы. Очень впечатляющие, выступления на конференциях, публикации, всё замечательно. Вот я недавно увидел приказ 2005 года директора института, о том, что диссертации по специальности «физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника», они должны проходить так называемую секцию семинара общеинститутского, апробацию там. Вот она проходила на этой секции или нет?

**Г.Д. Ширков.** Отвечаю. Это как раз то, что я имел в виду, что она, в частности, проходила апробацию на этих секциях. Она в силу ряда причин довольно много имела замечаний, которые были исправлены. И я, кстати поддерживаю вот эту практику, которая, к сожалению, сейчас как-то у нас не всегда выполняется. И тот приказ, который был в 2005 году — приказ правильным считаю.

**А.И. Малахов.** А что, есть неправильные приказы?

**Г.Д. Ширков.** Некоторые приказы отменяют, между прочим.

**В.А. Никитин.** А можно ещё вопрос к руководителю? Григорий, вот диссертант не ответил или почти не ответил, где применяется этот ускоритель сейчас и каково его ближайшее будущее?

**Г.Д. Ширков.** Сейчас достигнуты параметры, это вот 200 МэВ, и группа экспериментаторов из ЛЯПа уже, по-моему, два или три года ведёт исследования на этом ускорителе полупроводниковых детекторов. Кроме того, рассматриваются разные другие варианты, вот упоминал про петербуржцев, да. Там несколько групп. Мы, кроме того, ставили, у нас есть ондулятор, ставили ондулятор на пучок и получали инфракрасное излучение, которое генерируется... не совсем лазер на свободных электронах, но, тем не менее, генерация инфракрасного излучения была получена. Да, и очень важное, кстати сказать, применение. У нас есть инженерное отделение УНЦ и группа студентов, которые готовятся как будущие инженеры, и вот они проходят

практику на этом действующем ускорителе, потому что, ну, большинство действующих установок в институте, они, в общем, для студентов недоступны. А тут мы специально оборудовали и классы, и аудитории, и вместе с УНЦ ведём подготовку инженеров на этом ускорителе в реальных условиях.

**Н.И. Балалыкин** (в.н.с. НЭОИиКН ЛФВЭ ОИЯИ). Вдогонку... Дело в том, что эта установка сейчас является базовой установкой ЛЯП. Вы понимаете? Этот ускоритель — базовая установка лаборатории.

**Г.Д. Ширков.** Да, после того как её запустили, она стала востребованной.

**А.И. Малахов.** Товарищи дорогие, у нас будет ещё дискуссия, давайте оставим всё это туда. Сейчас, значит, мы слушаем руководителей, идём пить кофе, а потом возвращаемся, оппоненты и дискуссия, пожалуйста, сколько хотите. Ну я ещё должен спросить Владимира Фёдоровича Минашкина, вы тоже хотите сказать? Второй руководитель, пожалуйста.

**В.Ф. Минашкин.** Ну я являюсь его вторым руководителем, работаю я с ним очень давно, даже он делал дипломную работу, когда пришёл к нам, под моим руководством. Ну что хочу я сказать по поводу диссертации. Просто выполнен очень большой объём. Потом — многоплановая работа. Поскольку как-то приходилось заниматься программным обеспечением и электроникой для разных частей, областей физики. И физических приборов. Ну и в целом, я присоединяюсь к предыдущему, как говорится, Григорию Дмитриевичу, который сказал о нём много хорошего, и я присоединяюсь. И скажу честно, очень порядочный человек, очень высококвалифицированный специалист. И по своим моральным и профессиональным качествам я считаю, что он заслуживает звания кандидата технических наук. Так что прошу голосовать по сердцу.

**А.И. Малахов.** Спасибо.

**Б.Ю. Шарков.** Может быть, оппонентов заслушаем?

**А.И. Малахов.** Хотите заслушать? Ну, тогда очень долго будет, перед оппонентами ещё у нас...

**Г.Д. Ширков.** Может быть действительно, сейчас заслушать оппонентов?

**А.И. Малахов.** Нет, у нас порядок другой.

**Б.Ю. Шарков.** Какой?

**А.И. Малахов.** Учёный секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась диссертация, отзыв ведущей организации, другие отзывы на автореферат и диссертацию, если таковые имеются. А потом уже...

**Г.Д. Ширков.** Может всё-таки после этой диссертации тогда устроим перерыв?

**А.И. Малахов.** Ну, демократию никто не отменял.

**Б.Ю. Шарков.** Давайте двигаться дальше.

**А.И. Малахов.** Ну, народ-то, не пересохло в горле-то?

**Б.Ю. Шарков.** Нет.

**А.И. Малахов.** А приезжие?

**А.В. Канцырев** (оппонент). Нет.

**А.И. Малахов.** Ну смотрите. Тогда мы переходим...

**В.А. Никитин.** Ну если там кофе для нас приготовлено, то оно будет убрано.

**А.И. Малахов.** Оно убрано не будет, но оно остынет. Я предлагаю всё-таки, 15 минут.

**Г.Д. Ширков.** 10 минут.

**А.И. Малахов.** Перейти дорогу туда и обратно — 10 минут. Ну чего, народ?

**В.А. Никитин.** Перерыв!

**А.И. Малахов.** Мнения разделились. Будем голосовать? Давайте, всё-таки пользуясь правом председателя, я принимаю решение. Значит, кто не знает — переходит дорогу, столовая, второй этаж, справа холл, там, значит, чай-кофе-булочки. 15 минут жёстко. Даже если кто-то опаздывает — начинаем.

<Перерыв>

**А.И. Малахов.** Валентин Александрович, кворум есть?

**В.А. Арефьев.** Есть.

**А.И. Малахов.** Продолжаем.

**В.А. Арефьев.** Ведущая организация, Институт ядерных исследований Российской академии наук, дала отзыв на диссертацию Ноздрина Михаила Александровича «Комплекс аппаратно-программных средств управления и диагностики для ускорителя электронов Линак-200 и прототипа фотоинжектора ОИЯИ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. Диссертация Ноздрина Михаила Александровича посвящена разработке и созданию аппаратно-программных средств управления и диагностики ускорителей заряженных частиц. В силу того, что ускорители для научных исследований практически всегда являются уникальными установками, разработка средств управления и диагностики для каждого из них — сложная и актуальная научно-техническая задача. В диссертационной работе описываются аппаратно-программные средства управления и диагностики для двух проектов Объединенного института ядерных исследований: линейного ускорителя электронов Линак-200 и прототипа фотоинжектора. Дальше я перейду к резюмирующей части, если нет возражений. Здесь рассматривается кратко содержание работы, мы его заслушали подробно. Основные результаты диссертационной работы докладывались автором на российских и международных научных мероприятиях, по материалам диссертации опубликовано 17 работ, что подтверждает их обоснованность и достоверность. Работа представляет собой законченное научно-техническое исследование, имеющее высокую практическую значимость для электронных

ускорителей ОИЯИ и для ускорительной техники в целом. Результаты диссертации могут быть использованы для разработки систем управления и диагностики для различных ускорительных стендов и линейных ускорителей: как электронных, так и протонных или ионных. В качестве замечаний следует отметить, что в части, посвященной системе терморегулирования ускоряющих секций, автор в недостаточной мере рассматривает вопрос устойчивости системы при выбранной релейной схеме управления нагревателем и охладителем. Не приведена математическая модель системы, в которой бы учитывалась задержка воздействия охлаждающей воды на время ее доставки к резонатору. Также не рассмотрена возможность терморегулирования ускоряющих секций по отклонению фазы поля в резонаторе при введенной высокочастотной мощности. Однако указанные недостатки не снижают общего высокого научного уровня и значимости полученных соискателем результатов. Диссертация заслушана и поддержана на научном семинаре Отдела ускорительного комплекса ИЯИ РАН. На основании проведенного на семинаре обсуждения ведущая организация согласна с защищаемыми автором положениями, подчеркивает их совокупную ценность и отмечает, что диссертация Ноздрина Михаила Александровича «Комплекс аппаратно-программных средств управления и диагностики для ускорителя электронов Линак-200 и прототипа фотоинжектора ОИЯИ» полностью удовлетворяет критериям положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. Отзыв подписан Гавриловым Сергеем Александровичем, кандидатом физ.-мат. наук, заведующим Лабораторией пучка Отдела ускорительного комплекса ИЯИ РАН и Фещенко Александром Владимировичем доктором физ.-мат. наук, заместителем директора ИЯИ РАН. Отзыв утвержден директором ИЯИ РАН Кравчуком.

**А.И. Малахов.** Спасибо. Там в отзыве были некие критические замечания. Михаил Александрович, ответить желаете?

**М.А. Ноздрин.** Я, в принципе, полностью согласен с замечаниями, да, и благодарен, ведущей организации, т.е. там есть вещи, которые может быть и будут сделаны.

**А.И. Малахов.** Хорошо, спасибо. Так, что у нас, Валентин Александрович?

**В.А. Арефьев.** Следующий документ. Заключение научно-технического совета Лаборатории физики высоких энергий имени Векслера и Балдина Объединенного института ядерных исследований. По результатам обсуждения принято следующее заключение. В диссертации представлены результаты разработки и создания программно-аппаратного обеспечения систем управления и диагностики ускорителя Линак-200 и прототипа фотоинжектора ОИЯИ. Актуальность задачи. Обсуждаемые сегодня проекты крупных ускорительных комплексов будущего потребуют не только новых принципов ускорения, детектирования и обработки данных, но и поиска новых инженерных и конструкторских решений. Работа в этих направлениях совместно ведется в различных странах в рамках международного сотрудничества, имеет значительный прикладной технологический эффект, стимулирует развитие технологий и коммуникаций, а также, в силу масштабности проектов, способствует повышению уровня технического образования в стране. Новизна и практическая значимость работы.

Автором диссертации разработана концепция минимального и достаточного набора подсистем управления для запуска линейного ускорителя электронов Линак-200, что обеспечило физический пуск ускорителя: запущены все станции, получен импульсный ток пучка на выходе ускорителя 1,5 мА, энергия электронов 200 МэВ, что соответствует проектному значению. Обеспечена бесперебойная работа ускорителя, в частности, работа на экспериментальное исследование кристаллических сцинтилляторов для новых детекторов частиц на выведенном электронном пучке предельно низкой интенсивности; исследование радиационной стойкости полупроводниковых материалов для создания калориметра малых углов для будущих электрон-позитронных коллайдеров в рамках международной коллегии FCAL. Создан и используется стенд... и так далее. Что позволило производить исследовательские работы по развитию и оптимизации фотоинжектора с энергией электронов в пучке до 30 кэВ. Системы диагностики предоставили возможность регистрации профиля, размеров и распределения интенсивности пучка электронов. Научно-технический совет отмечает следующие, наиболее важные, результаты работы по данной диссертации, в выполнение которых Ноздрин внёс определяющий вклад. Разработка программного обеспечения для систем управления электронной пушкой, радиационного контроля и контроллера системы термостабилизации, платы контроллера электронной пушки, систем видеодиагностики для Линак-200 и стенда фотопушки. Актуальность, новизна и достоверность полученных результатов и выводов не вызывают сомнений. Описанные в диссертации системы прошли успешную апробацию во время физических пусков ускорителя Линак-200 и прототипа фотоинжектора, и во время их дальнейшей работы. Поставленные перед соискателем задачи успешно выполнены. Основные результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в рецензируемых журналах, а также докладывались автором на российских и международных конференциях. Дальнейшее идёт список работ и конференций, и заключение. Диссертация Ноздрина Михаила Александровича на соискание ученой степени кандидата наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития физики и техники ускорителей заряженных частиц. Работы по разработке комплекса аппаратно-программных средств управления и диагностики для ускорителя электронов и прототипа фотоинжектора базируются на согласовании физических процессов, происходящих с пучком и функционирования технологических систем ускорительных установок. Диссертация соответствует специальности 01.04.20. НТС ОИЯИ рекомендует к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук. Заключение принято Научно-техническим советом Лаборатории физики высоких энергий. Проголосовало 38 членов НТС из полного состава численностью 40 человек. Результаты голосования: «за» — 38, «против» — нет, «воздержалось» — нет. Заключение подготовлено заместителем начальника отделения по научной работе Сидориным, подписано председателем НТС Панбратцевым, учёным секретарём Мерцем, и утверждено директором Лаборатории физики высоких энергий профессором Кекелидзе.

**А.И. Малахов.** Спасибо, Валентин Александрович. Замечаний там никаких не было, да?

**В.А. Арефьев.** Да.

**А.И. Малахов.** Ну тогда переходим к отзывам официальных оппонентов.

**В.А. Арефьев.** Да, должен сказать, что других отзывов на диссертацию и автореферат в совет не поступало. Значит, переходим к оппонентам.

**А.И. Малахов.** По правилам, зачитывается отзыв отсутствующего оппонента. Итак, у нас отсутствует Сергей Евгеньевич Карнаев.

**В.А. Арефьев.** Имеется положительный отзыв Сергея Евгеньевича Карнаева на диссертацию. Кратко следующее. В первом пункте подчёркивается актуальность темы исследования и практических результатов представленной диссертационной работы. Которая определяется необходимостью развития научного направления в области линейных ускорителей электронов. Эффективность и надежность работы современного ускорительного комплекса или установки для проведения научно-технологических исследований определяются возможностями, предоставляемыми аппаратно-программными комплексами, использующимся для управления этими системами. Целью данной работы явилась разработка таких комплексов. Практическая значимость подтверждается решением следующих задач. Подсистемы для управления ускорителем, разработанные автором, обеспечили поэтапный ввод ускорителя в эксплуатацию и получение пучка электронов, и заканчивая запуском всех четырех ускорительных станций, обеспечивающих ускорение электронов до энергии 200 МэВ. Стенд фотопушки, созданный и автоматизированный при определяющем участии автора, обеспечил проведение научно-исследовательских работ по изучению свойств фотокатодов. Системы видеодиагностики, разработанные автором, обеспечивают диагностику поперечных профилей электронного и лазерного пучков, позволяя с высоким разрешением наблюдать форму и распределение интенсивности. Научная новизна заключается в разработке ряда оригинальных средств управления и диагностики пучка, а также в создании стендов для исследования фотокатодов. Правильность и эффективность разработанных методов и сформулированных решений подтверждается опытом успешной практической эксплуатации линейного ускорителя и прототипа фотоинжектора ОИЯИ. Достоверность результатов заверена многими публикациями в научных журналах, среди которых семь опубликованы в реферируемых изданиях, и докладами, сделанными на российских и международных конференциях. Личный вклад автора в работу не вызывает сомнений. Далее краткое рассмотрение содержания диссертации и заключение. Содержание представленного текста соответствует теме диссертации и дает полное понимание о сути и объеме проделанной работы, а также о качестве полученных результатов. Автореферат отражает содержание диссертации и соответствует требованиям. По представленной диссертации нужно сделать следующие замечания. Первое, по оформлению текста диссертации. В тексте содержится много стилистических и пунктуационных ошибок. В тексте используется много аббревиатур, что естественно для написания текста технического содержания, но отсутствует список этих сокращений. Многие рисунки размещены по тексту впереди ссылок на них. При упоминании SLAC использован прямой перевод — стэнфордский центр линейного ускорителя; в данном контексте лучше бы было сформулировать так: «национальная лаборатория SLAC. На рис.3.10 изображение общего вида установки названо схемой. Многие рисунки очень простые и не позволяют подробно ознакомиться с системами, изображенными на них. На некоторых рисунках, размещенных в работе, часто затруднительно найти цифровые обозначения, описанные в тексте, и, в то же

время, приводятся фотографии общего вида устройств, вообще не содержащие обозначений. Ссылки [69] и [73] дублируют друг друга. Не удалось в тексте найти ссылки [60] и [64]. Блок-схемы программ, приведенные в тексте, лучше бы было разместить в приложении, сопроводив их соответствующим описанием. Это, значит, замечания по оформлению. Далее. При оформлении диссертации автор не написал введение к тексту диссертации, а вместо этого использовал текст автореферата за вычетом рисунков. Это повлекло за собой излишне большой объем введения, наполнило текст информацией формального назначения и привело к некоторым накладкам. Далее. В главе первой приведено слишком поверхностное рассмотрение различных программных платформ, использующихся в мире для построения систем управления ускорителями. В итоге в заключении к главе первой делается спорный вывод о том, что EPICS и TANGO сложны, и поэтому нужно делать собственные программные разработки. В тексте встречаются технические описания используемых приборов и устройств, и на этом фоне ощущается нехватка описаний функциональных возможностей систем для проведения исследований, собранных автором на основе этих устройств. Аналогично, при наличии подробного описания интерфейсов программ практически отсутствует описание функциональных возможностей программ для проведения экспериментов. В главе четвёртой автор подробно описывает программный пакет AVINE, не им разработанный. Достаточно было сделать краткое описание и поставить ссылку, но добавить описание результатов экспериментов, выполненных с использованием этого пакета. Текст в главах третьей и четвёртой местами напоминает описание оборудования для выполнения лабораторной работы, в котором отсутствует задание на выполнение работы. Кроме того, в тексте практически отсутствует описание результатов исследований, выполненных автором на разработанных и созданных им системах и стенах. По существу, отмеченные замечания не снижают ценности и практической значимости диссертационной работы и не влияют на основные результаты, в числе которых необходимо отметить существенный вклад автора в запуск двух установок: ускорителя Линак-200 и стенда фотоинжектора. Диссертация содержит конкретные обоснованные новые решения и положительные практические результаты. Разработка систем управления основывается на анализе физических процессов, происходящих с пучком, и требует согласования работы всех технологических систем ускорительного комплекса. Поэтому диссертация Михаила Александровича Ноздрина соответствует специальности 01.04.20 — физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. Диссертационная работа Ноздрина на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченным научным исследованием. Основным результатом работы является практическая реализация управления линейным ускорителем Линак-200 и научно-исследовательскими стендаами в ОИЯИ и обеспечение проведения на них научных экспериментов. Решения задач управления, описанные в диссертации, находятся на уровне современных мировых разработок в области управления ускорителями и будут востребованы при проектировании и создании новых ускорительных установок, что соответствует критериям, отмеченным в п. 9 и п. 10 «Положения о порядке присуждения учёных степеней». Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 01.04.20. Автор диссертации, Михаил Александрович Ноздрин, заслуживает присуждения учёной степени кандидата

технических наук. Подписано доктором технических наук Карнаевым Сергеем Евгеньевичем.

**А.И. Малахов.** Так, спасибо, Валентин Александрович. Пожалуйста, отвечаем, Михаил Александрович.

**М.А. Ноздрин.** В целом, все замечания справедливы. Во-первых, хотелось бы поблагодарить оппонента, хоть он и отсутствует, за указанные недостатки. Замечания справедливы. Единственное, что по поводу вывода о том, что EPICS и TANGO сложны, и поэтому надо делать свои системы управления — ну, у меня там был не совсем такой вывод. У меня там был вывод, что для поэтапного ввода стенда в эксплуатацию в данном случае удобнее или лучше было разрабатывать свои системы по мере возникновения в них необходимости. Всё же остальное — справедливо.

**А.И. Малахов.** Спасибо. Второй оппонент у нас, присутствующий.

**А.В. Канцырев.** Добрый день, коллеги. Ну, по содержанию я сильно углубляться не буду, потому что уже очень много раз было одно и то же сказано. В общем скажу, что диссертационная работа посвящена разработке средств автоматизации и управления для ускорителя Линак-200 и стендов фотоинжектора. Актуальность работы... После прочтения можно сделать вывод, что актуальность прежде всего определяется тем, что без создания средств автоматизации невозможно было бы организовать эффективную и отказоустойчивую работу на ускорителе Линак-200 после его создания в новом виде, и то же касается стендов фотоинжектора. Ну и ещё можно сказать, что т.к. данный ускоритель, как я понимаю, используется в режиме многопользовательском, то теперь средства автоматизации позволяют быстро перестраиваться под новые требования. По содержанию кратко всё-таки упомяну. Вот предыдущий оппонент говорил, что в первой главе ему не понравилось описание систем EPICS и TANGO. Мне, наоборот, понравилось: было очень кратко сказано, по делу, но вызывает только вопросы вывод по поводу того, что нужно ли создавать некую концепцию обоснленных подсистем автоматизации. Ну я позже к этому вопросу вернусь ещё. По поводу личного вклада и того, что сделал докторант. Не вызывает сомнения его большой личный вклад, то, что он сам сделал всё, про что говорил. Можно кратко сказать, как бы разбить на две основные части. Это часть — оборудование и программы, созданные для ускорителя и часть — для стендов фотоинжектора. По поводу ускорителя можно сказать, что автором была самостоятельно сделана плата и программное обеспечение для управления электронной пушкой ускорителя, включая управление различными режимами, как накал катода, управление фокусирующим электродом, экстрактором и т.д. По системе автоматизации докторант выбрал систему синхронизации на основе модулей КАМАК, как я понимаю это опять же вынужденная мера, данный модуль и стандарт, он в ОИЯИ существует и используется. Насчёт современности этого решения не знаю, будем считать его современным. Потому что КАМАК немножко отходит в данный момент от использования. По поводу термостабилизации автор использовал индустриальные контроллеры фирмы ОВЕН, она очень активно развивается в России. Используются относительно недорогие контроллеры. Что крайне важно — т.к. после передачи голландского ускорителя в Россию не была передана система контроля радиационных фонов, автор, по сути, на основе продукции российской компании данную подсистему

сделал. Она состоит из датчиков контроля уровня фона, также можно отнести к этой системе связанную подсистему разграничения доступа на экспериментальную установку, что тоже крайне важно для обеспечения как эффективной, так и безопасной работы на ускорителе. Опять же, в этом месте автор использовал язык программирования Delphi для того, чтобы автоматизировать данную систему и создать протоколы записи фонов. По поводу стендов фотокатодов, фотоинжектора. Тоже не вызывает сомнений, что вклад автора был ключевым для создания таких стендов, и системы автоматизации, которые автор сделал, позволили этому фотоинжектору заработать, и выйти на проектные режимы, и по энергии. Но правда, в самой диссертации упоминается запуск на энергии 80 кэВ.

**М.А. Ноздрин.** Да, физический пуск, проектная энергия пока не достигнута.

**А.В. Канцырев.** Да. По поводу системы оптической диагностики. Автор использовал там всё-таки стандартные решения, и удачно интегрировал их так на ускоритель для контроля поперечного профиля пучка, что крайне важно — без такой системы невозможно обеспечить проводку пучка, настройку режимов работы ускорителя. И подобные решения были также использованы на стенде фотоинжектора. Ну, теперь всё-таки я хотел бы кратко сказать по поводу замечаний. Ну помимо замечаний по опечаткам, их, в моём понимании, немного, но они есть. На разных страницах, там на странице 10, 26 и так далее. Теперь всё-таки по поводу вот ключевого замечания — концепция системы управления, основанной на обособленных подсистемах. С одной стороны, в диссертации даётся обзор систем таких, как EPICS и TANGO, где наоборот используется централизованный подход: есть сервер, на сервер собираются все контрольные параметры, экспериментальные данные. Есть набор отдельных модулей, которые позволяют объединить всё вместе. Но после того введения автор неожиданно делает вывод о том, что надо делать обособленную систему на основе отдельных модулей, которые друг с другом никак не связаны. Можно понять, что это было вызвано, прежде всего, тем, что приходилось поэтапно вводить, и то, что не было больших ресурсов как финансовых, так и временных. Но на основе того, что известно мне, и на основе мировой практики, внедрение централизованного подхода не потребовало бы использования каких-то существенных финансовых и временных ресурсов. Можно было использовать один из распространённых сетевых протоколов, коих очень много, наверное самый широко известный — это TCP/IP Sockets. Он бы позволил объединить все разрозненные модули в некую единую систему. Не делать заново, т.е. не использовать TANGO, который вправду достаточно сложно разворачивать, я не спорю. А сделать свою систему, но с похожим подходом, где бы можно было все данные собирать наверх. Сервер сделать тоже стоит недорого и много времени не занимает. Это вот такое, наверное, самое ключевое замечание — мне не совсем понятно, зачем это называть концепцией. Опять же, не вызывает сомнения, что все разработанные системы и программы, они обладают научной новизной, и с учётом важности установки не вызывает сомнения значимость диссертации. Это по поводу главного замечания. Есть некоторые более мелкие замечания. Наподобие того, что в главе 2 при описании калибровки дозиметрической системы чётко не упомянуто, какая погрешность дозиметрической системы. Что, конечно же, важно с точки зрения того, что... Когда вы меряете уровень фона, вы должны знать, что погрешность 50%, 100 там,

10, 1 процент. Может быть, сейчас ответ будет дан. Ну и такое замечание. В главе 4 приводится описание внедрённой оптической системы диагностики пучка и делается вывод о некой рекордности параметров пространственного разрешения 35 пикселей на миллиметр. Т.е. не совсем понятно, в чём, собственно, уникальность; почему 35 пикселей на миллиметр это рекордный параметр. Берёте обычный фотографический объектив, ставите на любую камеру и получаете схожие или даже лучшие параметры. Но опять же, с учётом значимости проделанной работы, все указанные недостатки не снижают общую ценность диссертационной работы. Хотел бы отметить, что результаты диссертационной работы опубликованы в статьях в научных журналах, 7 из которых входят в перечень ВАК; представлены на крупных российских и международных конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации, полноценно отражает содержание диссертации. Сама работа выполнена на высоком уровне, представляет собой законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет всем критериям Положения о присуждении учёных степеней. А сам автор, Ноздрин Михаил Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности «физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника». Спасибо.

**А.И. Малахов.** Спасибо большое, Алексей Викторович. Конечно, там замечания были, поэтому пожалуйста..

**М.А. Ноздрин.** Ну, тоже хочется поблагодарить за замечания. Ну, по содержанию понятно. Без недостатков... Не уйти от них никуда. Что касается концепции. Если говорить о современном состоянии дел, то замечание, конечно, абсолютно справедливое и никаких возражений не вызывает. Но диссертация посвящена работам, которые выполнялись в течение 10 лет, примерно с 2006 по 2016 годы, причём работы, которые выполнялись на ускорителе, они в большинстве своём выполнялись в первой половине этого периода. Ну и в имевшихся условиях, когда был дефицит времени был и поэтапное создание, концепция была, в принципе, вынужденной. Ну и может быть, концепция это действительно слишком громкое слово. Но это именно вот такой подход, который был выбран, и обоснованность которого подтверждается своевременным выполнением соответствующих этапов запуска соответствующих частей ускорителя и отсутствием задержек со стороны разработчиков систем управления. Это что касается этого замечания. А, да, и надо, конечно, сказать, что в данный момент ведётся работа именно в том направлении, которое уважаемый оппонент указал. Т.е. сейчас всё это дело централизуется и создаётся распределённая система под управлением, кстати, всё-таки Tango. Потому что она у нас как бы де-факто, и НИКА под Tango, и всё остальное. По поводу калибровки да, справедливо. 30% там стандартная погрешность этих датчиков всех, и в отделе радиационной безопасности всё в пределах 30%. Что касается рекордности — утверждается о рекордности разрешения именно в системах диагностики пучков заряженных частиц, и утверждается на рекордности на масштабе ОИЯИ. Т.е. мне лично в ОИЯИ неизвестны бим-вьюеры с таким разрешением. Если у уважаемого оппонента есть контр-примеры, я с удовольствием и благодарностью их выслушаю. Ни о какой рекордности за пределами ОИЯИ, не говоря уже о мире, речи не идёт. У меня всё.

**А.И. Малахов.** Спасибо. Так, ну хорошо, тогда у нас сейчас открывается дискуссия. Пожалуйста.

**В.В. Ужинский** (в.н.с. НОВФ ЛИТ ОИЯИ). Доктор физико-математических наук Ужинский Владимир Витальевич. Здесь предыдущий оппонент говорил насчёт цифры — 35 пикселей на миллиметр. На миллиметр. Это есть в автореферате, есть в заключении и так далее. Вопрос такой. 35 пикселей на миллиметр — это много или мало? Вот здесь, у каждого есть мобильник, вот здесь есть светодиодная матрица. Сколько здесь пикселей, кто знает? На миллиметр или на миллиметр квадратный? То, что делается в ЦЕРНе, на установках — до 20 тысяч пикселей на миллиметр квадратный. Максимум, что производят японцы — даже за сто тысяч. Вопрос очень простой: 35 пикселей на миллиметр — это хорошо или... Если на миллиметр квадратный — получается всего-навсего 900.

**М.А. Ноздрин.** Для бим-вьюеров, для систем диагностики пучка это достаточно хорошая цифра.

**В.В. Ужинский.** Будем верить. Так, теперь второй вопрос. Автореферат мне понравился, доклад мне тоже понравился, однако есть один маленький вопрос. Сравнивая кандидатов наук и кандидатов технических наук, российских и зарубежных студентов, я могу отметить, что наши кандидаты отличаются широтой и многообразием своего подхода, в отличие от западных коллег. И чтобы выяснить кругозор соискателя, я думаю, что он достаточно крупный, у меня есть один очень старый вопрос. Как-то я встретил человека из Сибирского отделения, Института ядерных исследований. И спрашиваю, как идёт финансирование? Он говорит, а у нас всё прекрасно. Мы производим сильноточные электронные ускорители. И на этом имеем деньги. У нас покупают. Для обработки мусора. Как это? А вот так. Идёт мусор. Облучается пучком. И после этого мусор разлагается. Вопрос такой. Здесь, конечно, электронный ускоритель к вам не относится. Но спрашивается, вот эти сведения достоверны? Видите вы перспективу использования сильноточных электронных ускорителей для обработки мусора?

**М.А. Ноздрин.** Вопрос хороший. Я, конечно, не могу сказать, что я сильно в теме. Но как минимум, мне известно, что ускорители достаточно широко используются для стерилизации всяческого оборудования. И это такие, мне кажется, смежные достаточно вещи, поэтому, почему нет.

**А.И. Малахов.** Это тема уже докторской.

**В.В. Ужинский.** Новосибирск сделал, наверное уже нельзя докторскую по этой теме.

**А.И. Малахов.** Лучше сделать — будет докторская. Ещё выступающие есть? Пожалуйста. Имеют право выступить все, кто хочет. Пожалуйста, Мадигожин.

**Д.Т. Мадигожин.** Дмитрий Мадигожин, доктор физико-математических наук. Я, значит, с точки зрения пользователя по вопросу о централизации системы управления. Чисто вот моя практика. Мы сидим на сменах нашего эксперимента в ЦЕРНе. У нас есть централизованная система мониторинга, в которую сведено всё, что касается того, что мы измеряем. И иногда... Т.е. пока всё работает идеально, централизованная система —

это то, что надо. Но идеального не бывает. И время от времени по разным причинам вот именно эта централизованная система, именно этот сервер, и падает. После этого первое, что делаем мы. У нас есть несколько других систем, которые через этот сервер не связаны. Они живы-здоровы, и мы, глядя на них, пытаемся понять, что происходит. Я это к тому, что концепция полной централизации и управления и мониторирования через один общий сервер в своём пределе обладает некоторой ненадёжностью. Вы, в принципе, можете представить, что всё пропустили через один сервер, этот сервер падает, и вы абсолютно слепой и беспомощный. Вы даже понять не можете, что происходит. Если обратиться к устройству человеческого организма, то вы заметите, что у нас есть центральная нервная система, а есть те рефлексы, которые работают на уровне нескольких сантиметров руки. Поэтому я считаю, что всегда надо думать с точки зрения надёжности, когда вы думаете о том, насколько и что централизовать. Вполне может оказаться, что принцип, принятый диссертантом, когда у него все системы работают сами по себе, он обеспечивал просто надёжность работы. Одна из них выходит, все остальные работают. И человеку понятно, что происходит. Он может сопоставить.

**А.В. Канцырев.** Можно ответить? Я хотел сказать, что речь шла не о том, что автор не применил централизованный подход, а о том, что он упустил некую возможность, которая была в системе точно, созданной на основе отдельных модулей. Т.е. можно было организовать хотя бы сбор данных. Пусть они автономные системы, пусть они устойчивые, тут сомнений нет. Но достаточно просто и легко можно было в процессе создания, не тратя большого количества времени, как в Delphi, так и в C++, можно было сетевые протоколы включить и хотя бы организовать мониторинг и сбор данных. Т.е. речь не шла о том, что надо было делать полную аналогию Tango. Эти системы, они есть: Tango, EPICS, их много достаточно. В ускорительных центрах, в лазерных центрах они существуют. Речь шла о том, что эта возможность, она прослеживается в проделанной работе, но не используется.

**А.И. Малахов.** Спасибо. Ещё желающие есть что-то сказать? Если нет, то тогда, наверное, мы готовы к голосованию, мнения уже есть. Я могу добавить, что, действительно, Михаил Александрович провёл большую работу, в тех условиях, о которых здесь говорилось, что сложно было всё, на задворках выполнялось частично, мало кто верил в успех. Тем не менее, дело сделано, и полезное дело. Не только для того, чтобы можно было использовать ускоритель в задачах для испытания детекторов, но в том числе и как учебная база, студентов обучать, хороший практикум, в реальных условиях. Поэтому я считаю, что конечно, диссертация заслуживает поддержки и призываю творчески проголосовать соответствующим образом. И дальше мы должны для того, чтобы двинуться, избрать счётную комиссию. Но сначала всё-таки предоставить заключительное слово. Пожалуйста, Михаил Александрович.

**М.А. Ноздрин.** Ну я в заключение хочу поблагодарить массу народа, которая, собственно, помогала в работе. В первую очередь, конечно, научных руководителей, Владимира Фёдоровича и Григория Дмитриевича за постоянное участие, внимание и помочь в написании работы на всех ее этапах. Кроме того, руководителям, собственно, двух основных проектов, по которым диссертация написана Николаю Ивановичу Балалыкину и Валерию Васильевичу Кобецу за консультации, также

Эрнасту Истюреевичу Уразакову, который большой вклад внёс в переделку диссертации. Соавторам, с которыми большинство работ, которое вошло в диссертацию, было написано. Их вообще-то было достаточно много, но основные это вот Григорий Владимирович Трубников, Фещенко, Щеголев и Гурян. Также людям из 118 корпуса, где линак расположен, в первую очередь научно-инженерной группе УНЦ, которой, собственно, я сейчас руковожу, и господам Коровякову, Сумбаеву, Шабратову и Шевелкину. Дальше такая важная часть, как оформление диссертации, которая делалась в TeX'е, это мой первый опыт работы с TeX'ом, Дереновской и Рогачевой, которые здесь не присутствуют, но, тем не менее, благодарность. Ну и конечно, друзьям и родителям за поддержку. Всё, спасибо.

**А.И. Малахов.** Спасибо, Михаил Александрович. Так, а теперь у нас счётная комиссия. Мы тут посовещались и решили, что т.к. опоздавших сегодня не было, то предложить в комиссию наши молодые кадры. Мы решили, что у нас среди молодёжи Дмитрий Мадигожин, молодой доктор наук. И вот ещё хотелось бы предложить Костромину Сергею Александровичу поучаствовать. Нет возражений ни у кого? И конечно Валентин Александрович, как опытный товарищ. Нет возражений, да? Тогда кто за? Костромин воздержался? Тоже за. Единогласно, да? Против нет? Так, ну что, счётной комиссии надо приступить к работе, Валентин Александрович, организуйте, пожалуйста. А мы должны что сделать? Вот эти вот заключения совета, которые вы получили, пожалуйста, прочитайте. Какие-то замечания есть по заключению? Не видно, да? Вот у Строковского, как всегда, есть.

**Е.А. Строковский** (начальник отделения ЛФВЭ ОИЯИ). Совершенно мелкие орфографические ошибки, я просто передаю в рабочем порядке.

Идёт голосование.

**А.И. Малахов.** Так, все проголосовали, да?

Идёт подсчёт голосов.

**Д.Т. Мадигожин.** Обведённый кружком это значит утвердительный ответ?

**А.И. Малахов.** Это значит недействительный. Кто-то испортил свой.

Идёт подсчёт голосов.

**А.И. Малахов.** Так, товарищи, значит, счётная комиссия очень оперативно поработала, готова доложить результаты, пожалуйста.

**Д.Т. Мадигожин.** Протокол 19-02 заседания счётной комиссии диссертационного совета от 18 апреля 2019 года. Состав комиссии: Костромин, Мадигожин, Арефьев. Комиссия избрана для подсчёта голосов тайным голосованием по диссертации Ноздрина Михаила Александровича на соискание учёной степени кандидата технических наук. Присутствовало на заседании 25 членов совета, в т.ч. докторов наук по профилю диссертации — 5. Роздано бюллетеней 25, осталось нерозданных бюллетеней 6, оказалось в урне бюллетеней 25. Результаты голосования по вопросу о присуждении учёной степени кандидата технических наук Ноздрину Михаилу

Александровичу. За — 21, против — нет, недействительных бюллетеней — 4. Недействительными бюллетенями, в том числе, считались все, где люди сделали лишнее обведение кружком. В инструкции к бюллетеню, написано: только зачёркивать неправильный вариант. Если вы обводите правильный вариант, то это недействительный бюллетень.

**А.И. Малахов.** Так, мы должны утвердить протокол. Кто за? Спасибо. Теперь можно, ещё одно действие сделать, перед тем как поздравлять. Мы должны заключение совета...

**В.А. Арефьев.** Против нет?

**А.И. Малахов.** Против нет. Заключение совета всем раздали, замечания поступили, мы их учли, поэтому кто за то, чтобы утвердить заключение совета? Против нет. Тогда, Михаил Александрович, поздравляю с успешной защитой. Желаем дальнейших успехов. Объявляю заседание закрытым.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ диссертационного совета

*Малахов*

Малахов А.И.

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ диссертационного совета

*Арефьев*

Арефьев В.А.

« *6* » мая 2019 г.

