

СТЕНОГРАММА

заседания № 19-04 диссертационного совета Д 720.001.02 на базе Международной межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований от 16 мая 2019 г.

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

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ диссертационного совета - кандидат физико-математических наук Арёфьев 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 Леонович | - доктор физико-математических наук |
| Никитин Владимир Алексеевич | - доктор физико-математических наук |
| Садовский Сергей Анатольевич | - 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 |
| Арёфьев 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 Тарасович | - доктор физико-математических наук |
| Романов Юрий Иванович | - доктор технических наук |
| Смирнов Виталий Анатольевич | - 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 |
| 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 |
| Ширков Григорий Дмитриевич | - доктор физико-математических наук |

Малахов: У нас присутствуют 25 членов совета и по специальности 6 докторов, так что кворум есть. Все нормально, можем начинать. У нас сегодня происходит защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Черниковым Александром Николаевичем. Название: Разработка криостатов для ядерно-физических исследований, специальность 01.04.01, приборы и методы экспериментальной физики. Научный руководитель Тагиров Мурат Салихович, доктор физ-мат. наук, профессор Казанского федерального университета, Института физики, заведующий кафедрой, член корреспондент академии наук Республики Татарстан. Официальные оппоненты, Дмитриев Владимир Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, директор Института физических проблем им. Капицы отсутствует по уважительной причине, и второй оппонент Митюхляев Виктор Алексеевич, кандидат физ-мат. наук, начальник группы источников холодных нейтронов и криогенных систем на реакторе ПИК, отделения нейтронных исследований в Петербургском институте ядерной физики присутствует. Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики имени Прохорова Российской Академии наук. Переходим к документам, которые имеются в деле, и зачитываются ученым секретарем Валентином Александровичем Арефьевым. Пожалуйста.

Арефьев: В совет поступило заявление от Черникова Александра Николаевича: прошу принять к рассмотрению и защите мою диссертацию на тему Разработка криостатов для ядерно-физических исследований по специальности 01.04.01, приборы и методы экспериментальной физики на соискание ученой степени кандидата технических наук, защита работы проводится впервые. Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело и дальнейшую обработку. Подтверждаю, что все представленные к защите данные являются подлинными и оригинальными и, кроме специально оговоренных случаев, получены мной лично. По этому заявлению советом была назначена комиссия в составе Агапов, Матюшин, Арефьев, которая рассмотрела предварительно диссертацию, диссертация соответствует заявленной специальности, документы, представленные в совет, соответствуют требованиям, работы опубликованы предварительно, и на основании этого заключения советом диссертация была принята к защите 20 декабря 2018 года. Представлены сведения о соискателе: Черников Александр Николаевич, пол мужской, дата рождения 22 июня 1959 года, место рождения город Дубна Московской области, гражданство Российская федерация, образование высшее. В 1982 году закончил Московский инженерно-физический институт, факультет Атомные электростанции и установки, получил квалификацию инженер-теплоэнергетик, в 82-92 году работал в Объединенном институте ядерных исследований, 92-94 в институте физико-технических проблем в Дубне - начальник группы, с 94 года по настоящее время работает в Лаборатории нейтронной физики объединенного института ядерных исследований в должности начальника группы. Представлен диплом Московского инженерно-физического института, согласно которому Черникову Александру Николаевичу присвоена квалификация инженер-теплоэнергетик по специальности атомные электростанции и установки. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов. Все предметы: приборы и методы экспериментальной физики, диалектический и исторический материализм, английский язык сданы с оценкой хорошо. Распечатка с сайта, где расположена диссертация, далее имеются отзывы ведущей организации, отзыв Лаборатории нейтронной фи-

зики, отзывы официальных оппонентов, отзывы на автореферат диссертации, а также отзыв научного руководителя. Все соответствует требованиям положения о порядке присуждения ученых степеней.

Малахов: Вопросы по документам? Нет, все ясно. Предоставляется слово соискателю. Пожалуйста. Александр Николаевич, вам слово в пределах разумного времени. Обычно 20 минут.

Черников: Уважаемые члены ученого совета, вашему вниманию представляется диссертация на тему Разработка криостатов для ядерно-физических исследований. Криостаты это устройства поддерживающие низкие температуры, сверхнизкие – ниже 1 К и низкие: это диапазон температур ниже 300 Кельвинов до 1 Кельвина. Криостаты используются в различных ядерно-физических экспериментах: например в поляризованных мишенях, нейтронной физике, а также в сканирующих микроскопах, материаловедении, физике твердого тела, для охлаждения детекторов и болометров. Для всех областей используются разные криостаты.

В настоящее время криостаты производятся рядом фирм: например, Оксфорд Инструментс, Янис, Омикрон и другие. Однако они предлагают стандартное и очень дорогое оборудование, которое, как правило, не подходит под конкретные условия и задачи, его необходимо адаптировать, и модернизировать. В этой связи нами разрабатываются криостаты под конкретные технические условия. Я принял участие в этих разработках, и внес посильную лепту.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе представлен рефрижератор растворения с расширенными возможностями посредством дополнения к нему рефрижератора испарения гелия-3 или гелия-4, для работы в области температур, в широкой области температур, от 0.028 до 4.2 Кельвина, это для всего криостат. Камера растворения рефрижератора растворения соединяется здесь с испарителем рефрижератора испарения путем теплообменника.

Во второй главе представлен ряд оригинальных рефрижераторов с сорбционной откачкой гелия-3 для работы в области температур 0.3 – 3 Кельвин. Эти рефрижераторы не имеют внешних откачных и газовых коммуникаций. А гелий-3 и гелий-4 в количестве необходимом для работы рефрижератора хранится в самих частях рефрижератора при высоком давлении.

В третьей главе представлен специальный гелиевый криостат для охлаждения Сканирующего Туннельного Микроскопа (СТМ) и его работы на гелиевом температурном уровне 4.2 Кельвина, этот криостат отличается малыми, очень малыми тепловыми потерями, по каналам.

В четвертой главе представлен ряд шахтных криостатов с охлаждением криокулерами замкнутого цикла для нейтронных спектрометров для работы в широком диапазоне температур от 300 до 6 Кельвин, и в этих криостатах есть возможность замены образца без отогрева криостата.

В заключении приведены основные результаты.

Мотивация разработки рефрижератора растворения с расширенными возможностями:

Необходимо создать криостат, который бы обладал свойствами рефрижератора растворения гелия-3 в гелии-4, и свойствами рефрижераторов с откачкой гелия-3 или гелия-4 при температурах выше 0.4 Кельвин, до 4.2 Кельвина.

Такой криостат требуется:

в экспериментах физики высоких энергий с поляризованными мишенями с динамической поляризацией ядер водорода, это раз,

второе, для проведения исследований в широком диапазоне температур, от 0.028 до 4.2 Кельвин, в области физики твердого тела,

следующее, для исследований в области ядерной физики и физики конденсированных сред методом рассеяния нейтронов при сверхнизких температурах

и четвертое, для решения задачи ввода образца в зону сверхнизкой температуры без размораживания и разборки криостата.

Мотивация разработки рефрижератора с сорбционной откачкой:

Так как криостаты с рефрижераторами растворения гелия-3 в гелии-4 являются устройствами со сложной, очень сложной, системой газовых и вакуумных коммуникаций, содержат громоздкое откачное оборудование и поэтому привязаны к определенному месту, то возникла задача создать устройство для получения сверхнизких температур, в котором должны быть исключены какие либо газовые и внешние системы откачки, газовые коммуникации и внешние системы откачки. Для этого были разработаны рефрижераторы с откачкой гелия-3 с сорбционными насосами, внутри, внутри которых газ гелия-3 и гелия-4 хранятся при высоком давлении, и, как следствие, полностью, полностью отсутствуют внешние коммуникации.

Мотивация разработки нового гелиевого криостата:

В настоящее время активно проводятся исследования физики поверхностей с разрешением на атомарном уровне с использованием Сканирующего Туннельного Микроскопа (СТМ).

Метод исследований поверхностей при помощи СТМ является дополнительным к исследованиям поверхностей методом нейтронной рефлектометрии. Поэтому я за эту задачу и взялся.

Для работы сканера СТМ необходим гелиевый криостат, работающий при 4.2 Кельвинах, со следующими особенностями:

Не иметь рубашки с жидким азотом, это исключает вибрации от кипения жидкого азота.

Должна отсутствовать суперизоляция, т.е. быть прогреваемой системой, т.е. фактически криостат должен быть сверхвысоковакуумным.

Компактным, с объемом резервуара не более 3 литров. Ну, это новый тип криостатов с малой емкостью гелиевого бака.

И при этом удержание, время удержания, жидкого гелия должно быть не менее 24 часов, что определяется временем накопления сигнала.

Мотивация разработки криостатов для диапазона температур 6-300 Кельвинов:

Исследования конденсированных сред при помощи тепловых нейтронов обычно проводятся в широком диапазоне температур, как правило, хватает низкой температуры 5, 5-6 Кельвин и до 300 Кельвин на спектрометрах, расположенных в зонах радиационного спецдопуска.

Эти условия нам дают следующие требования:

Отказ от использования жидкого гелия. А также перезагрузка образцов без разборки криостата и его отогрева, что инициируется сокращением простоя времени на нейтронном пучке.

На этом слайде представлен криостат с рефрижератором растворения гелия-3 в гелии-4, который дополнен рефрижератором испарения. Вот это вот рефрижератор растворения и в нем введена труба откачки дополнительная, испаритель. Испаритель соединяется с камерой растворения рефрижератора растворения при помощи теплообменника. Вот такая вот новая схема. Основным показателем работы рефрижератора, это нужно снять кривые холодопроизводительности. Мы это сделали в диапазоне температур от нуля до 0.45 К. Это базовая кривая холодопроизводительности рефрижератора растворения, и если в испаритель конденсируем гелий-3, то это вторая кривая, а если конденсируем гелий-4, то это вот нижняя кривая. На основании этих графиков вычислен теплоприток к ванне рефрижератора растворения по трубе откачки. Вот на этом графике теплопритоки. Вот тут можно заметить, что с гелием-3, вот что гелий-3 не очень чистый, появляется сверхтекучая пленка, такой пример. А на этом графике показана холодопроизводительность при температурах выше 0.45 Кельвинах до температур 0.75. (15.56) Первый график показывает холодопроизводительность рефрижератора растворения, второй график холодопроизводительность рефрижератора испарения, а третий указывает, что холодопроизводительности в режиме, когда работает и тот и тот, холодопроизводительности суммируются.

Для проверки работоспособности криостата в диапазоне температур 4.2 – 0.04 Кельвин были проведены измерения свойств антимонида индия, легированного марганцем. Образцы вводились в испаритель, заполненным жидким гелием – 4. Это испаритель, охлаждался при помощи рефрижератора растворения, а труба откачки испарителя затыкалась вакуумной трубкой. Вот это вот оригинальная фотография той камеры растворения. Внутри, вот, жидкий гелий-4, снаружи ванна растворения. На нейтронном пучке образец будет выведен, окруженный гелием-4, будет выведен из зоны ванны растворения. Вот на этом графике показаны результаты измерения удельного сопротивления антимонида индия в зависимости от обратной температуры. Обнаружено, что материал имеет существенно большую производную этой зависимости в сравнении с угольными термометрами. По этой причине один из образцов в дальнейшем использовался в качестве термочувствительного элемента массивного кремниевого теплового детектора ядерного излучения, в адиабатических условиях. И третье, обнаружено отрицательное магнитосопротивление, что может использоваться для измерения величины магнитного поля при сверхнизких температурах. Это вот эти, вот эти графики. Вот, здесь измерения проводились при 70 Милликельвин.

А вот это типовая схема откачных и газовых коммуникаций рефрижератора растворения гелия-3 в гелии-4, а также рефрижератора с откачкой. Мы в дальнейшем исключаем вот такую громоздкую часть в наших разработках.

Здесь представлен, на этом слайде, двухступенчатый сорбционный рефрижератор с откачкой гелия-4 и гелия-3, который выполнен в виде погружной вставки в гелиевый криостат. И эта вставка предназначена для работы со сверхпроводящим соленоидом.

Здесь внизу ванночка с гелием-3, температура ее 0.3 Кельвина. Вот здесь повыше ванночка с гелием-4, температура ее 1 Кельвин. Эти ванночки откачиваются сорбционными насосами гелия-3 и гелия-4, которые управляются газовыми тепловыми ключами. Гелий-3 хранится не только в насосах, но и в буферных баках при давлении 5 и 6 бар. Рефрижератор, конечно, не имеет внешних откачных и газовых коммуникаций. И время удержания температуры 0.3 Кельвина порядка одних суток.

На этом слайде также показан двухступенчатый сорбционный рефрижератор с откачкой гелия-4 и гелия-3, который выполнен на снимаемом фланце дна гелиевого бака криостата, а и предназначен для работы с внешними источниками излучения.

Вот это вот такая конструкция, два насоса гелия-3 и гелия-4, медный фланец, ванночка 1 градусная, и ванночка с температурой 0.3. Вставляется это вот снизу в гелиевый бак, и уплотняется при помощи индиевого уплотнения. Мы во всех этих рефрижераторах использовали 9 литров гелия-3 и 13 литров гелия-4. Хранятся они при 50-100 барах внутри самого рефрижератора, это при комнатной температуре. Время удержания температуры опять-таки одни сутки.

А на этом слайде показан следующий двухступенчатый рефрижератор с откачкой гелия-3 и гелия-4 с сорбционными насосами. Здесь уже охлаждение производится не в гелиевом баке, а при помощи криокулера замкнутого цикла. Вот некоторое дополнение к конструкции, которое мы внесли. Это так называемые теплообменники между второй ступенью криокулера и сорбционными насосами в этой части. Измерено для всех рефрижераторов холодопроизводительность, она примерно одинакова, потому что геометрические размеры всех рефрижераторов очень близкие друг к другу. И также измерен сверхпроводящий переход в пленках титана при температуре 0.35 кельвина - элемента детектора электромагнитного излучения.

Наши рефрижераторы отличаются от аналогов высокой скоростью перекомпрессии 40 мин – 1 час в гелиевых криостатах, и 1.5 часа в криостате с криокулером, что является следствием особой конструкции насосов, газовых тепловых ключей, технологии приклеивания угля к термопанелям, а в криостате с охлаждением криокулером дополнительно особой конструкцией теплообменника.

Вот здесь на картинке, здесь на картинке показана термопанель, с двух сторон приклеен активированный уголь. Эти панели закладываются в нержавеющую трубку, дистанционируются медными дистанционными шайбами.

На этом слайде показан безазотный сверхвысоковакуумный гелиевый криостат с малыми тепловыми потерями для охлаждения сканирующего туннельного микроскопа. Конструкция защищена патентом на полезную модель. Весь криостат монтируется на высоковакуумном фланце КОНФЛЭТ двести пятьдесят, имеет два охлаждаемых выпаром гелия, испаряющимся газом из гелиевого бака, два экрана, здесь два теплообменника особой конструкции запатентованной, здесь бак имеет двойную вакуумную стенку, тоже запатентованная вещь, и подвесы, охлаждаемые подвесы, это трубки по которым выходит газообразный гелий. Что у нас получилось. Получилось испаряемость 40 кубических сантиметров жидкого гелия в час, за 67 часов испаряется порядка 2 и 7 десятых литра. Это вот объем нашего гелиевого бака. Вот на этом графике показана температура гелиевого бака, она держится 67 часов. Аналог при трех литрах гелиевого бака дает 40 часов.

Дальше я перехожу к шахтным криостатам для работ в области нейтронной физики. Аналоги криостатов с вертикальной загрузкой, которые я видел, мне показались неоправданно сложными, и я предложил предельно простую и удобную в эксплуатации и легкую в изготовлении конструкцию. Вот эта конструкция, и она дальше примерно такая же, как на этом рисунке. Здесь холодная головка криокулера и шахта, по которой вводится образец. Вот, в данном случае, вот этот криостат стоит на спектрометре в ПИ-ЯФ во время стендовых испытаний. Дальше криостат уехал в Китай в Институт физики и химии. Здесь геометрия спектрометра 165 градусов, и поэтому такая была возможность. Нужно было образец, вертикальный порядка 10 сантиметров, выровнять температуру на нем. Сделать это возможно при помощи медного теплового шунта. Вот это вот медный тепловой шунт, а вот в эксперименте этот шунт закрывался нитридом бора.

Вот это вот следующий шахтный криостат для спектрометра НЕРА ПР, он расположен в ЛНФ ОИЯИ, с диаметром шахты 70 миллиметров, для работы в том же диапазоне температур. Вот он находится на спектрометре. Спектрометр отличается практически, где вся горизонтальная плоскость занята детекторами, поэтому температуру образца выравнивать при помощи шунта никак не получалось. Мы пошли на хитрость, сделали выравнивание температуры при помощи массивного теплообменника в верхней части образца, который давал нам тепловую инерцию.

А здесь представлен шахтный криостат для дифрактометра ДИСК в Курчатовском институте на реакторе ИР-8. Диаметр шахты здесь 120 миллиметров. Вот, и предназначался он для охлаждения массивных камер высокого давления в том же самом диапазоне температур. Условия чрезвычайно геометрически сложные, но тем не менее нам удалось охладить камеру до 6 Кельвин. Удавалось. И не смотря на то широкий канал, реально вот тут на чертеже 150 миллиметров в диаметре, 120 только в нижней части. Вот 6 кельвин мы получаем, не смотря на то, что шахта заполняется обменным газом. А вот вопросы с выравниванием температуры здесь не стоят, потому что охлаждаем массивную камеру, а образец там всего 1 кубический миллиметр.

Практическая ценность работы:

Криостат с рефрижератором растворения гелия-3 в гелии-4 и рефрижератором откачки гелия-3/гелия-4 позволяет проводить эксперименты в диапазоне температур 4,2 – 0,028 Кельвин. Конструкция является основой для создания рефрижератора растворения с холодной перезагрузкой образца для экспериментов на пучках тепловых нейтронов. На основании зависимостей холодопроизводительностей в разных режимах рассчитан теплоприток к камере растворения по прямому вертикальному каналу.

Второе. Рефрижератор с откачкой гелия-3 с охлаждением криокулером с 2011 года и по настоящее время находится в эксплуатации в ИРЭ РАН в Москве.

Третье. Высоковакуумный безазотный криостат внедрен в Институте общей физики в Москве и используется для охлаждения сканера туннельного микроскопа GPI CRYO и находится там в эксплуатации с 2008 года.

Четвертое. Шахтный криостат с диаметром шахты 20 мм используется в составе Порошкового дифракционного нейтронного комплекса, ПДК, в Институте ядерной физики и химии в Китае и находится в эксплуатации с 2004 года.

Пятое. Шахтный криостат с диаметром шахты 70 мм используется в составе спектрометра НЕРА-ПР реактора ИБР-2 в ОИЯИ, и находится в эксплуатации с 2007 года.

Шестое. Шахтный криостат с диаметром шахты 120 мм используется в составе спектрометра нейтронов ДИСК на реакторе ИР-8 в РНЦ «Курчатовский институт» и находится в эксплуатации с 2010 года.

Апробация работы и публикации:

Основные результаты работы докладывались автором на различных международных и российских конференциях и совещаниях.

Результаты опубликованы в шести в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК: две в журнале *Cryogenics*; одна в журнале ПТЭ; две в журнале *Поверхность*; одна в *Известия вузов, Радиофизика*; и в одном Патенте; а также в сообщениях и препринтах ОИЯИ.

Основные результаты представлены перед вами.

Благодарю за внимание.

Малахов: Спасибо, Александр Николаевич за интересное сообщение. Значит, теперь переходим к вопросам. У кого есть? Пожалуйста.

Ужинский: подходить или с места можно?

Малахов: Подходите, потому что запись идет.

Ужинский: Ужинский Владимир Витальевич, доктор физико-математических наук, я полагаю так, здесь большинство людей, которые имели дело с техникой, я тоже имел, но только эпизодически. И как меня учили, все начинается с технической записки, техническая записка потом превращается в техническое задание. За техническим заданием идет НИОКР, научно-исследовательские и конструкторские разработки. И потом завершается техническим проектом. Здесь в докладе была представлена мотивировка, три четыре пять шесть, которое можно рассматривать как техническое задание. А на слайде 8-12 это можно рассматривать как основы технического решения. Откройте 18 слайд. И что мне здесь как-то царапает душу. Ценность работ, криостат, ценность работ, рефрижератор, Ценность работ, шахтный криостат. Но как-то это не вяжется с тем, что решена техническая задача. Я бы понял, если бы было сформулировано: создание и разработка криостатов, создание и разработка рефрижераторов. Ну, я не специалист в технике. Или, например, предложено типовое решение криостата рефрижератора такого-то. И вопрос заключается в том.

Малахов: ваш вопрос в чем?

Ужинский: вот эти пункты, которые есть, их можно рассматривать как типовое решение или это только в применении к тем криостатам, которые вы разработали и создали.

Из зала: Написано здесь, это практическая ценность.

Малахов: Дискуссия потом. Вопрос - ответ пожалуйста.

Черников: Смотрите, конечно, ряд криостатов, особенно шахтных можно вытащить в лабораторию и заниматься какими-то твердотельными исследованиями, там, измерять теплопроводность, измерять теплоемкость, Я не знаю, может быть заниматься поляризованными ядрами. Конечно, это будет типовое решение. Но с другой стороны, если взять криостат, сделанный для простой лаборатории и попытаться его вынести на реактор, то там возникнут всякие проблемы. Это корпус, алюминиевый корпус, иногда из ванадия, это экран, тепловой, иногда это алюминиевый, иногда ванадиевый, и там возникнут вопросы с теплопритоками, и человек, который разработал криостат для лаборатории, там получит ряд вопросов. А наши криостаты в данном случае имеют более ши-

рокое применение. Конечно, если сделать экран внутри медный для лаборатории, то мы получим пониже температуру, будут условия более изолированные, конечно все это присутствует. Что касается, пойдём дальше. Вот сорбционные рефрижераторы. Смотрите вот как посмотреть, мы планировали их использовать для охлаждения болометров электромагнитного излучения, хотелось бы приспособить их работать на пучках тепловых нейтронов. Понятно, что это вопрос материалов, вопрос окон прозрачности, это мы прошли на предыдущем примере. А вот если посмотреть по-другому. Мы сделали криостат для охлаждения сканирующего микроскопа, а нельзя ли соединить этот криостат, подставить к нему сорбционный рефрижератор, и сканер держать при 0.3 кельвинах. Понимаем, что там типовой криостат, и здесь типовой криостат, получаем новое решение. Вот я примерно так, может быть, не очень точно отвечаю на вопрос, но все зависит от конкретной ситуации, и нельзя какой-то возводить абсолютом.

Малахов: Спасибо. Так, хорошо, ещё вопросы, пожалуйста.

Так, пока народ думает, у меня такой вопрос. Александр Николаевич, значит, вот вы как один выполняли эти работы? Я смотрел вашу диссертацию, и никакой благодарности там не нашёл.

Черников: Значит, смотрите, я могу прямо вот сказать, что с кем сделано. Молодым человеком я работал с Юрием Федоровичем Киселевым, который поставил задачу разработки такого рефрижератора, вот, я, значит, это сделал. Сделал рефрижератор, самостоятельно измерил холодопроизводительности, работал с антимонидом индия самостоятельно. Вот в этом мое участие. По криостатам с сорбционной откачкой, задача была поставлена Трофимовым Владимиром Николаевичем, вот, была поставлена, я не мог пройти мимо, и сделал эту задачу. Вот, сканирующий микроскоп. Патент был сделан с Трофимовым и Зайцевым-Зотовым.

Малахов: благодарности как?

Черников: Сейчас, Сейчас. Подойдем к этому. Мое участие, я считаю определяющим. Что касается шахтных криостатов, это моя собственная разработка. Значит, два основных человека, без которых это не состоялось. Это Киселев Юрий Федорович и Трофимов Владимир Николаевич, которые дали мне возможность самостоятельно работать. Работать с ними научился. Вот так.

Малахов: Мой вопрос, почему не зафиксировано в диссертации это. Кто-то вам помогал. Обычно благодарности выносят.

Ужинский: В диссертации эмоции не уместны.

Малахов: Это вы отвечаете, а я его спрашиваю. У меня вопрос к докладчику. Ну ладно. Что-то я понял, что вам помогали, что вы благодарны. Хорошо, ещё вопросы. Не вижу, да. Ну, доклад был подробный достаточно. Ну, можете присесть, потому что вопросы может быть будут. Не уходите далеко. Так. Ну, мы обязаны дать, если есть такое желание выступить научному руководителю, Мурат Салихович, вы как?

Тагиров: Уважаемые члены ученого совета. Я когда ехал сюда на защиту диссертации Александра Николаевича, конечно же, я хотел выступить, может быть, побольше эмоций высказать, чем наш сегодняшний виновник нашей встречи. Я хочу начать со следующего, вообще каким образом научный руководитель у Александра Николаевича оказался почему-то в Казани. Дело в том, что Казань, Казанский университет, а я представляю Казанский университет, она очень тесно связана с Дубной, и эта связь началась в

1976 году, когда я сам, будучи молодым человеком, приехал к Борису Степановичу Неганову, а это ученый с мировым именем, это человек, который впервые в мире сделал рефрижератор растворения. Ни в Англии, ни в Финляндии, а именно вот Борис Степанович Неганов. Он, Марсель Либург, Коля Борисов, вот это люди, которые впервые в мире реализовали эту уникальную вещь, рефрижератор растворения гелий-3 в гелии-4. И в этом смысле те работы, которые Александр Николаевич докладывал, это по сути развитие этих работ, и причем развитие на очень хорошем мировом уровне. Это я вам точно говорю. Вот, ну в Дубне все делается на мировом уровне, и я с удовольствием вчера увидел таблицу Менделеева, обновленную, в этом году, кстати, отмечается юбилей этой таблицы, и там очень много элементов, которые были открыты здесь. Но, к слову сказать, что первый открытый элемент в этой таблице – российский элемент, это рутений, который был открыт в Казанском университете. Вот теперь поближе, к своему отзыву. Дело в том, что Черниковым Александром Николаевичем мы сошлись в 2010 году, когда мы выиграли конкурс, и выполняли два подряд мегагранта. Мегагранты связаны с созданием серии уникальных приборов ЯМР каротажу для нефтеразведки. То есть, если обычный ЯМР спектрометр, у него образец находится в катушке, а тут ЯМР каротаж, который создавался в Казанском университете, там образцом являлся все окружающие поверх, ну не все, конечно, в пределах доступности при резонансных условиях. То, что вокруг скважины. Это было очень важно и нужно, потому что именно это позволяло бы совершенно точно определять, ну, во-первых какой состав флюида, то ли это вода, то ли это нефть, то ли еще какие-то вещи, и в этом отношении, мы были не первые, но мы первые, те, кто сделали, туда опустили сверхпроводящий магнит. И вот криостат был создан Александром Николаевичем, оригинальной конструкции, это то, что, я достоверно знаю, Оксфорд Инструментс десять лет работал над этой проблемой, и не смогли решить. И эту проблему решил Александр Николаевич. У нас это в стадии завершения, и, я думаю, что мы эту работу обязательно продолжим и будем дальше идти в этом направлении. Я не буду еще раз повторять содержание всех четырех глав, это вы уже слышали, я перейду к оценочным категориям. Каждое направление работ, представленных в диссертации, составляет самостоятельное исследование, и может быть основой отдельной диссертации. Я думаю, что следующая диссертация, уже наработок после диссертации достаточно много, для того чтобы это дело привести к такой ценной работе, а именно, к докторской диссертации. Более того, мое личное мнение, что сейчас в нашей стране, в Российской Федерации очень востребована литература. Вот если взять те самые учебники по криогенике и так далее, они все уже морально устарели. Единственная книжка, которая была 10 лет тому назад издана переводная, это искусство криогеники. Но там многих вещей, которых сегодня мы с вами слушаем, многих просто нет. И в этом смысле, конечно же, я предлагаю Александру Николаевичу не расслабляться и этот вот труд создать. Ну, и в заключении я призываю членов ученого совета поддержать этого талантливого криогеника, и проголосовать «за». Спасибо за внимание.

Малахов: спасибо Вам, Мурат Салихович. Так, дальше мы переходим к заслушиванию документов, заключение по диссертации, где выполнена диссертация, ведущая организация и другие. Надо нам озвучить. Вам слово, Валентин Александрович.

Арефьев: Отзыв от организации, где была выполнена работа, оформлен в виде выписки из протокола заседания научно-технического совета Лаборатории нейтронной физики, и дано следующее заключение.

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, посвященной развитию техники низких и сверхнизких температур. В области сверхнизких температур разработан криостат с рефрижератором растворения гелия-3 в гелии-4, в котором камера растворения рефрижератора растворения соединена с испарителем рефрижератора испарения при помощи теплообменника, что расширяет возможности рефрижератора растворения как по диапазону рабочих температур, так и по реализации ввода образца в холодную зону. Представлены двухступенчатые рефрижераторы с откачкой гелия-3, в которых отсутствуют какие-либо внешние системы откачки или вакуумные коммуникации.

Основные результаты работы:

Представлен криостат с рефрижератором растворения гелия-3 в гелии-4 с расширенными возможностями - как по диапазону температур, так и по загрузке образца. Представлены криостаты с двухступенчатыми рефрижераторами на откачке паров гелия-3 для работы на температурном уровне 0.3 Кельвин.

Представлен гелиевый безазотный сверхвысоковакуумный криостат для охлаждения сканирующего туннельного электронного микроскопа. Конструкция этого криостата защищена Патентом РФ.

Представлены шахтные криостаты с охлаждением криокулерами замкнутого цикла, которые разработаны в соответствии с техническими требованиями конкретных спектрометров нейтронов.

Научная новизна и практическая ценность работы состоит в следующем:

Впервые представлен, опять-таки, криостат с рефрижератором растворения гелия-3 в гелии-4 и рефрижератором откачки гелия-3 - гелия-4, камера растворения и испаритель которых соединены теплообменником. Криостат позволяет проводить эксперименты в диапазоне температур 4,2 - 0,028 Кельвина. На этом криостате проведены измерения:

Электропроводности образцов в зависимости от температуры и магнитного поля

Холодопроизводительностей в разных режимах работы, на основании которых был вычислен теплоприток к камере растворения

Представлены оригинальные конструкции криостатов с двухступенчатыми сорбционными рефрижераторами с откачкой паров гелия-3.

Представлен криостат с системой охлаждения сканера туннельного сканирующего микроскопа

Представлены конструкции шахтных криостатов.

Отмечается, что каждое направление работ может составить самостоятельное диссертационное исследование. Результаты в каждом направлении достигнуты при определяющем вкладе Александра Николаевича Черникова.

Работа Черникова А.Н. выполнена в соответствии с проблемно-тематическим планом научно-исследовательских работ Отдела комплекса спектрометров ИБР-2 Лаборатории нейтронной физики.

Научная и методологическая значимость изложенных в диссертации результатов не вызывает сомнений.

Результаты, вошедшие в диссертацию, были доложены, и обсуждались на многих научных конференциях

Основное содержание диссертации опубликовано в ведущих научных журналах, и патенте:

Постановили: Рекомендовать представленную Черниковым Александром Николаевичем диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики. Утвердить текст заключения. Рекомендовать оппонентов, ведущую организацию.

Подписано председателем НТС Приходько, секретарем Литвиненко, ученым секретарем Худобой, Утверждено директором Лаборатории нейтронной физики имени Франка Щецовым.

Малахов: Александр Николаевич, еще долго, присядьте.

Черников: Я сюда сяду, чтобы всем видно было.

Арефьев: Далее, отзыв ведущей организации. Актуальность темы исследования. Обусловлена необходимостью развития криогенной техники и создания новых установок для экспериментов в различных областях физики. Сложность разработки экспериментов при низких температурах определяется техническими проблемами и задачами, связанными как с конкретными физическими исследованиями, так и с планируемыми условиями эксплуатации. Важной составляющей является упрощение криогенного оборудования. Каждая конкретная задача имеет ряд ограничений на применение материалов, размеры системы, использование газовых коммуникаций, режимы эксплуатации, и так далее.(49:58) Научная новизна состоит в том, что автору удалось найти новые перспективные решения в области разработки криостатов для ядерно-физических исследований, исследований физики поверхностей, также для охлаждения болометров для астрофизических исследований. При непосредственном участии автора на созданном оборудовании был проведен ряд экспериментальных исследований, позволивших получить ряд новых научных результатов при низких и сверхнизких температурах. Практическая значимость полученных результатов и созданных установок подтверждается их активным использованием в ведущих научных центрах, таких как ОИЯИ, Курчатовский институт, Физический институт, Институт общей физики, Институт радиоэлектроники, а также Институте ядерной физики и химии в Китае и других. Представленная работа является одной из редких работ, существенно и многосторонне развивающих технику криогенного эксперимента. Здесь необходимо отметить крайнюю немногочисленность квалифицированных специалистов данного профиля и соответственно работ по представленной теме, как в России, так и во всем мире. Данное обстоятельство также определяет существенную значимость работы как методического материала. Диссертация Черникова может лечь в основу практического учебного курса криогеники кафедр низких температур энергетических и политехнических вузов. Достоверность научных результатов не вызывает сомнений и полностью подтверждается активным и успешным использованием систем и установок разработанных автором и описанных в данной работе в ведущих научных центрах. Диссертационная работа написана хорошим языком, и в целом составляет хорошее впечатление. Тем не менее, доступность и общий уровень

восприятия текста можно существенно улучшить дополнительным редактированием устранением опечаток и неточностей. Далее здесь перечисляется ряд указанных опечаток, значит, в количестве 9 пунктов, но по существу, по существу кроме опечаток, здесь делаются следующие замечания. На странице, 74-75 нумерация элементов рисунка не соответствует нумерации при описании в тексте. На странице 68-69 в последних предложениях соседних абзацев допущено фактическое дублирование информации «Управление рефрижератором осуществляется при помощи газовых тепловых ключей» и «Управление сорбционными насосами осуществляется при помощи щелевых тепловых ключей». На странице 85 по-видимому допущены ошибки редактирования в предложении «Так как холодопроизводительности криокулера 0.5 Вт при 4.2 Кельвина, часть которой тратится на преодоление конструктивных теплопритоков, то суммарную мощность следует лимитировать 120 мВт». На странице 84 основной текст работы совместился с подписью к рисунку. В предложении - «Это дополняется противоречивым требованием малой продольной теплопроводности элементов соединения и вывода паров гелия» требования являются не противоречивыми, а лишь в некоторой степени противоречащими требованиям большой механической жесткости конструкции. На странице 113 ускользает смысл, в предложении «Такое расположение нагревателя, теплообменника с одной стороны и теплопроводности стенок камеры образца с другой стороны...». Одновременно используется несколько обозначений в виде гелий-3 – гелий-4 написания словами и символами. В тексте диссертации полученных значений параметров ПИД регуляторов не указаны единицы измерения. При описании различных систем рефрижераторов в некоторых случаях не указаны основные параметры системы, объем емкостей, время работы при сверхнизких температурах, время регенерации и т.д. Все отмеченные замечания касаются исключительно оформления и описания работы. Перечисленные замечания никак не влияют на качество предложенных технических решений разработанных установок, и, таким образом, не снижают общей практической ценности диссертации. Более того, автору рекомендуется написать обзор или монографию на основе настоящей диссертационной работы с учетом выявленных замечаний, по возможности дополнив работу разделом о применении криокулеров замкнутого цикла для ожижения малых количеств гелия с целью охлаждения стандартных гелиевых криостатов через проточную систему. Подобный методический материал, по нашему мнению, был бы востребован как в России, так и во всем мире.

Закключение. Научная и методологическая значимость изложенных в диссертации результатов не вызывает сомнений. Все результаты получены при определяющем личном вкладе Черникова, и полностью соответствуют поставленным целям. Высокая степень обоснованности положений и выводов подтверждается количеством источников в списке литературы, включающем 73 позиции, апробацией работ в докладах на 5 международных и российских конференциях, в 6 статьях в журналах перечня ВАК, одном патенте, в трех сообщениях ОИЯИ, а также успешной работой разработанных и созданных автором установок в ведущих научных центрах и институтах. Диссертационная работа Черникова соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Доклад Черникова по материалам диссертационной работы заслушан, обсужден и одобрен на семинаре Отдела низких температур и криогенной техники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей физики имени Прохорова Российской Академии наук.

Отзыв составлен старшим научным сотрудником отдела низких температур и криогенной техники, кандидатом физ-мат. наук Богачем Алексеем Викторовичем, и утвержден заместителем директора Института общей физики Глушковым.

Малахов: Так, спасибо. Поскольку там были замечания, диссертант имеет право ответить на них.

Черников: Понимаете, диссертация, она охватывает очень многие стороны криогеники и, порой, не очень даже связанных. Мне составило большого труда их увязать в систему, вот, чрезвычайно, и мог упустить, и признаю. И конечно, если по материалам кандидатской буду писать монографию, конечно, конечно свежим взглядом я посмотрю на это, и подправлю, подправлю.

Малахов: Спасибо. Так, еще какие есть отзывы.

Арефьев: Так поступили два отзыва на автореферат диссертации от кандидата физ-мат. наук ведущего научного сотрудника Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ Горемычкина Евгения Анатольевича и доцента кафедры физики твердого тела и наносистем Национального исследовательского ядерного университета МИФИ кандидата физико-математических наук Кузнецова. Будем зачитывать?

Малахов: заключение.

Арефьев: Отзыв Горемычкина, я прочитаю первый абзац. Актуальность выбранной диссертантом темы не вызывает сомнений так как она посвящена развитию экспериментальной физической аппаратуры, а именно, криостатам которые необходимы для фундаментальных исследований в области физики конденсированных сред, где практически всегда необходимо иметь низкие температуры на объекте исследования. В настоящее время сложилась ситуация, когда использование жидкого гелия стало очень дорогостоящим и трудоемким делом. Разработки криостатов с криокулерами замкнутого цикла исключают использование жидкого гелия, и, поэтому удешевляет эксперименты. Приведенные научные исследования в диссертации можно характеризовать как научно обоснованные технические разработки, обеспечивающие решение важных задач в области ядерно-физических исследований. Очень важным моментом данной диссертационной работы является то, что представленные в ней криостаты внедрены в работу во многих научных институтах. Я лично эксплуатирую два шахтных криостата, разработанные и изготовленные Черниковым, один на спектрометре НЕРА на ИБР-2 и второй на спектрометре ДИН, этот не вошел в материалы диссертации. Имея большой опыт работы с похожими криогенными приборами в ведущих нейтронных центрах мира, могу утверждать, что разработки Черникова вполне соответствуют мировому уровню. Считаю, что материалы, представленные в диссертации, могут быть использованы автором в качестве материала для монографии или основы учебника по криогенике. Автореферат является полноценной научно-исследовательской работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне и отвечает всем требованиям положения о порядке присуждения ученых степеней. Считаю, что диссертация удовлетво-

рывает всем требованиям ВАК, а ее автор Черников Александр Николаевич, несомненно, достоин присвоения ученой степени кандидата технических наук.

Далее, отзыв из МИФИ.

Малахов: чем завершается?

Арефьев: завершается следующим. Большим достоинством диссертации Черникова является практическая ценность всех приведенных работ. Характеристики разработанных криогенных систем, представленные в автореферате, получены не в специально оптимизированных условиях, а являются рабочими параметрами установок в течение многих лет функционирующих в различных исследовательских центрах. Все разработки либо защищены патентом, либо описаны в научных трудах, опубликованных в журналах, материалах конференций и препринтах по тематике выполненных исследований. Как следует из автореферата, диссертация, диссертационная работа выполнена на высоком уровне, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание кандидата технических наук, а Черников Александр Николаевич достоин присвоения ученой степени.

Малахов: Спасибо. Все, да?

Арефьев: Других отзывов нет.

Малахов: Теперь переходим к отзывам официальных оппонентов. У нас по традиции зачитывается отзыв отсутствующего оппонента. У нас отсутствует Дмитриев Владимир Владимирович, доктор физ-мат. наук, профессор, академик РАН, директор Института физических проблем имени Капицы. Пожалуйста.

Арефьев: диссертационная работа Александра Николаевича Черникова посвящена разработке криостатов для получения и поддержания низких и сверхнизких температур. Использование таких температур является необходимым условием для проведения многих физических исследований. При этом, многообразие задач и технических требований приводит к тому, что каждый криостат по-своему уникален и может использоваться только для определенного круга исследований. Таким образом, тема диссертации Черникова несомненно является актуальной. Научная новизна диссертационной работы у меня не вызывает сомнений, так как в описанных в диссертации конструкциях используются новые оригинальные решения, что привело к улучшению ряда параметров по сравнению с имеющимися аналогами. Практическая значимость диссертации следует из того, что разработанные автором диссертации криостаты успешно используются во многих исследовательских лабораториях. Кроме того, новые (уже опробованные) технические решения в дальнейшем могут быть использованы при разработке будущих криостатов.

Отмечу, что каждая глава начинается с краткого обзора методов охлаждения и существующих криостатов, имеющих прямое отношение к описанным далее в этой главе разработкам автора. Это существенно облегчает понимание оригинальных результатов, и является важной положительной чертой диссертации. Все представленные в 1-4 главах диссертации разработки содержат новые технические решения. Лично мне наиболее интересными показались результаты, изложенные во 2-ой и 3-ей главах. Но это никак не умаляет результаты других глав. Диссертация написана ясно, практически не содержит опечаток. Одну ошибку я заметил в автореферате, где в описании Рисунка 2 перепутаны обозначения непрерывного и дискретного теплообменников. Еще одно замечание касается стр. 93. где написано: после заливки эта трубка затыкается пробкой для подавления возбуждения термоакустических колебаний. Две буквы в слове термо-

акустический - это одна из редких опечаток. Но мое замечание касается смысла всей фразы. Дело в том, что механизм термоакустических колебаний до сих пор полностью неясен. Известно, однако, что эти колебания чаще всего возникают в трубках с заглушенным теплым концом и открытым холодным. Казалось бы, в данной конструкции заткание пробкой может повысить вероятность возникновения таких колебаний, и правильнее соединять заливочную трубку с гелиевой сетью (линией испарения гелия), но никаких объяснений, почему пробка подавляет колебания не приведено.

Очевидно, что отмеченные замечания не являются существенными. Я считаю, что диссертационная работа Черникова представляет актуальный и важный для практических применений цикл исследований, выполненный на самом современном уровне. Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации. Таким образом, диссертация Черникова полностью соответствует всем требованиям ВАК, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01.

Директор Института физических проблем им. Капицы Российской Академии наук, доктор физ-мат. наук, академик Дмитриев.

Малахов: спасибо. Замечания были, поэтому, пожалуйста, Александр Николаевич.

Черников: Я соглашусь, что я там поспешил с описанием пробки, дело в том что, наверно это было следствием того что я получил некоторые замечания от очень уважаемых коллег, что я очень сильно раздуваю содержание, и очень подробно пишу. Наверно, здесь я поспешил. Что касается «термоакустики», пожалуй надо было дать ссылку, я ее не дал, вот, получился такой «литературизм». Что касается два «ка», наверно у меня что-то с редактором, либо он пишет правильно и то и другое, либо подчеркивает красным. Моя ошибка, конечно. Что касается пробки, правильной было написать, пробка, удлиненная с шерстяной ниткой. Но на самом деле, самое сложное было здесь следующее. У нас три подвеса, через каждый подвес выпаривается гелий, если бы была какая-то несимметрия в гидродинамике подвесов, мы нарвались как раз на колебания. Можно их называть термоакустическими, может это не правильно, возможно там возникли бы вихри, вот, и эта работа пошла насмарку. Здесь мы очень сильно рисковали, и вот, конструкция теплообменников на наш взгляд интуитивный подавляет возникновение вот этих процессов, нам удалось. Спасибо.

Малахов: Спасибо, Ну вот второй оппонент у нас присутствует, Виктор Алексеевич Митюхляев, кандидат физико-математических наук, начальник группы источников холодных нейтронов и криогенных систем на реакторе ПИК. Отделение нейтронных исследований в Петербургском институте ядерной физики. Так, пожалуйста, Виктор Алексеевич, вам слово.

Митюхляев: Уважаемые члены ученого совета, я являюсь официальным оппонентом по диссертации Александра Николаевича Черникова.

Можно я перехвачу эстафетную палочку у научного руководителя Тагирова Мурата Салиховича, и немножко разбавлю ту часть процедуры, которая сейчас происходит. Я работаю в ПИЯФ более 40 лет, и знаю, что Дубна и ПИЯФ, они всегда имели достаточно тесное сотрудничество в вопросах фундаментальной физики, мы проводили совместные исследования, по времени жизни нейтрона, и естественно здесь требуется применение криогенной техники. И я практически всю свою деятельность посвятил созданию источ-

ников холодных нейтронов с применением криогенной техники. Ну, это достаточно мощные устройства, потому что в реакторе нужно отводить достаточно мощное радиационное тепло. С Александром Николаевичем мне не удалось пересечься ранее, и сейчас мы с ним пересеклись, и я понял, что я упустил многое, потому что это, действительно талантливый человек, криогеник, который очень многое знает в этой области, и я надеюсь в будущем, что мы найдем сотрудничество, точки соприкосновения, по, например, созданию – сейчас есть такая тематика, создание суперинтенсивного источника ультрахолодных нейтронов на выведенном пучке из реактора, где нужно использовать температуру ниже 1 градуса Кельвина и отводить тепло порядка нескольких ватт. Естественно без таких специалистов, как Александр Николаевич, это будет достаточно сложно справиться с этим, такой не простой задачей. Что меня, я с удовольствием прочитал диссертацию, и что, меня, в общем-то, покорило в диссертации - лаконичность изложения материала, очень четко и доходчиво. И что самое главное, может быть, повторюсь, действительно сейчас в последние годы практически отсутствует новая литература в области криогеники и низких температур. И поэтому, когда я посмотрел, здесь действительно представлено достаточно много новых материалов, которые практически нигде не опубликованы. Поэтому у меня также возникает мысль настоятельно просить Александра Николаевича не расслабляться, и все-таки довести эту работу до монографии, потому что она действительно будет полезна ученым и будущим поколениям. Я не буду, естественно, перечислять все, что рассказал автор, он здесь все достаточно подробно сделал, но что меня, оказывается, мы с этим пересекались еще в 1978 году, когда будучи молодым студентом, выполнял работу моего руководителя, Ягуды Романа Зеликовича, который заведовал лабораторией в ПИЯФ криогенной, и готовил криостаты для различных ядерных исследований. Вы должны понимать, что существует криогеника, которая применяется в лабораторных условиях. А вот людей, которые могут связать криогенику с экспериментальной физикой и устройствами, их не так много не только в России, но и во всем мире. И это всегда непростая задача, как научная, так и техническая, потому что чтобы реализовать криостат, например, на выведенные пучки нейтронов для использования в области конденсированных сред. Когда я был студентом, это была физика твердого тела. И вот мой руководитель поручил мне сделать проект рефрижератора на гелии-3 с сорбционными насосами. И я с удовольствием увидел во второй главе, где эта задача не только реализована технически и научно, но она была воплощена в жизнь. Это мне доставило большую радость. Дальше меня очень заинтересовали криостаты, это шахтные, потому что эти шахтные криостаты могут работать на выведенных пучках нейтронов на реакторе. Поэтому, завершая и переходя к официальной части, я хочу сказать, что действительно мы сегодня заслушали весьма профессионального криогеника, и он достоин звания кандидата технических наук. С моей точки зрения, персонально, я бы присвоил доктора технических наук, это, без всякого сомнения. Потому что, когда я читал диссертацию, я увидел, что практически первая, вторая, третья, четвертая главы, это совершенно отдельные кандидатские диссертации. То есть там есть практически все, от актуальности, новизны, экспериментальных данных, практически это четыре кандидатских диссертации. Еще раз поддерживаю Александра Николаевича на соискание степени кандидата технических наук, и прошу проголосовать за это предложение. Спасибо большое, спасибо за внимание.

Малахов: Спасибо. У вас есть что сказать, Александр Николаевич?

Черников: Да, конечно, это продукт довольно длительной работы, там первая работа – это девяностые годы, и сейчас по диссертации, это в четырнадцатом году закончилось, но я могу сказать, что диссертация у меня ушла в фон, некоторый фон, и сейчас на базе всех вот этих вот исследований, мы разрабатываем горизонтальные криостаты, с горизонтальным вводом, шахтой, вот сейчас, вот работа опубликована в Письма в ЭЧАЯ, во втором выпуске. Потом на горизонтальный ввод вешаем магниты на базе ВТСП ленты, вот тоже сейчас занимаемся. А вот если сейчас посмотреть вот на этот криостат, вот на этот криостат, здесь реально труба сто пятьдесят в верхней части, сюда мы в эту трубу завели холодную головку криокулера, и что нам это дает? Теперь мы опять перешли на сверхнизкие температуры, работаем с гелием-3. Уже температура у нас 0.56, и это все на базе этой диссертации.

Малахов реплика: ну это в «докторскую».

Черников продолжает: Опять-таки вот этот шахтный криостат последний с криокулером внутри шахты позволяет заниматься очисткой гелия-3, который нам необходим для заполнения детекторов тепловых нейтронов, а также возврат гелия-3 в виде высокого давления, там можно повесить камеру с жидким гелием, и при тепле мы получим высокое давление. Т.е. много-много всего. Вот это все этой весной у меня, шли вот эти вот работы, и хорошие материалы уже накоплены, немножко меня отвлекает защита, ну будем продолжать, будем продолжать, спасибо.

Малахов: спасибо вам тоже. Ну что дальше. У нас дискуссия, тут некоторые рвались дискутировать, давайте. Кто хочет? Хочет выступить профессор Ужинский, да? Пожалуйста.

Ужинский: Ну «профессор», это громко сказано, еще не оформил, так что, пока доктор. Так я диссертацию прочитал внимательно, и прослушал. И что меня несколько покорило, вот «представлен». Вот к ЛНФ представлен криостат. Что значит представлен, вот его взяли, «вох», представили. Как-то это звучит неправильно - в предлагаемом заключении представлен криостат. Вот что касается следующей диссертации, которая будет, «разработан, создан и представлен». И поэтому на обсуждение выносится такой вопрос, «разработан и создан», что-то там такое, а не просто «представлен» или просто «криостат». Это первое. Вторая тема заключается вот в чем. На НИКЕ и в других центрах хотят изучать фазовые состояния ядерного вещества, в частности особую точку. Человек, который занимался этим, и знает гелий-3 и гелий-4, фазовые диаграммы. Я прочитал диссертацию, надо сказать, диссертация написана очень сухо и по-деловому. Это радует, никаких возражений. Текст, материалы там хорошие, но. Продолжение, фазовые диаграммы человек обязан знать. И мое предложение, может быть осенью пригласить Александра Николаевича рассказать, как он работает с фазовыми диаграммами (далее нечленораздельно). Все, а так диссертация мне очень понравилась, призываю членов ученого совета проголосовать «за».

Малахов: Спасибо. Еще какие-то выступления. Ну, пока думаете, я два слова скажу. Мне кажется, что эта та диссертация, которую приятно слушать, действительно есть практический выход, разработки, которые здесь Александр Николаевич представил, они, по отзывам оппонентов, как мы слышали, используются, многие до сих пор. Действительно очень приятно, когда работа находит практическое применение. Поэтому я

тоже буду голосовать положительно. Никто еще ничего не придумал? Ну, если нет, тогда мы дискуссию на этом заканчиваем. Так, вот, и у нас в этом случае слово дается диссертанту. Пожалуйста.

Черников: дорогие коллеги, я от себя выражу благодарность, прежде всего, научному руководителю диссертации Тагирову Мурату Салиховичу. Человек, который мне помог, «академизировать» мои знания. Мне действительно было сложно написать, потому что я такой действующий инженер, сложно было. Кроме того, по ходу, я уже говорил, за постановку задач признательность свою выражаю, это, прежде всего Киселеву Юрию Федоровичу, вашему сотруднику, с которым я работал в молодые годы, и очень много от него впитал в экспериментальной физике. Также Трофимову Владимиру Николаевичу. Это все сотрудники лаборатории Неганова Бориса Степановича, сектора сверхнизких температур. Потом Выставкину Александру Николаевичу, без него я, наверно, не добрался бы рефрижератора с сорбционными насосами охлаждаемого криокулером замкнутого цикла - была такая задача, он поставил. Далее Зайцеву-Зотову Сергею Владимировичу, он дал задачу, через него пришла задача криостата для сканирующего туннельного микроскопа. И что касается шахтных криостатов, Журавлеву Валерию Васильевичу, этот человек, который знал все ходы-выходы в Лаборатории нейтронной физики, и вот через него пришла задача, для порошкового дифракционного комплекса, потом Натканцу Ирнеушу Витольдовичу, это криостат для спектрометра НЕРА ПР, и Глазкову Виктору Павловичу, криостат для дифрактометра ДИСК. Это люди, с которыми я поработал хорошо. Также я благодарю своих коллег по отделу и других коллег, весь технический персонал, механиков, токарей, не могу здесь всех перечислить. Также благодарю дирекцию ОИЯИ и ЛНФ, почему дирекцию ОИЯИ, потому что очень интересовался нашими работами Сисакян, я вспоминаю. Отслеживал хорошо, работу с сорбционными насосами. Потом руководство Отдела комплекса спектрометров ИБР-2 за предоставленные возможности и интерес к моей работе. И выражаю всему коллективу ученого совета, за то, что меня выслушали. И также мои последние слова - вспомню Неганова Бориса Степановича, сектор сверхнизких температур, в который я пришел, и где я впитал первые и основные знания. В этом секторе, без него может быть я пришел бы в криогенику и, наверно, все это было как-то по-другому. Но сейчас есть, как есть. Спасибо.

Малахов: Спасибо, ну, что, сейчас у нас важный пункт – избрание счетной комиссии. Как мне помнится прошлое заседание, Сергей Иванович Тютюнников обещал, он прошлый раз участвовал, Сергей Иванович, не откажетесь? Нет. Вот, еще я предложил бы Виталия Анатольевича Смирнова, который хотя и закрывается, но все-таки виден, возражений нет? Ну, и Валентин Александрович Арефьев. Только у меня просьба, Валентин Александрович, объявите, как надо голосовать. Кто за состав счетной комиссии? Так. «Против» есть? Нет. Воздержавшихся нет. Единогласно. Просьба к членам совета голосовать правильно. Объясни, Валентин Александрович.

Арефьев: Тут у нас мелким шрифтом написано, недействительным признается бюллетень, в котором будут оставлены или вычеркнуты оба слова, «да» или «нет». Действительным считается бюллетень, в котором вычеркивается ненужное слово. Если член совета согласен с присуждением степени, он вычеркивает слово «нет». То есть оставляет «да». Если не согласен, то наоборот, вычеркивает «да» и оставляет «нет». Никаких там

пометок, подчеркиваний, еще чего-то прошу, вот, этого не делать. Вычеркивается ненужное. Оставляется только одно слово, «да» или «нет».

Малахов: Спасибо, теперь счетная комиссия приступает к работе, а мы тем временем можем обсудить, вот, документ, который мы все получили, значит, заключение совета. Если у кого-то есть замечания, дополнения какие-то, то просьба высказаться. Есть какие-то? Есть, да? Так, ну давайте.

Из-зала: У меня совершенно мелкие замечания, отредактировать, убрать опечатки, вставить пробелы.

Малахов: Профессор Ужинский, пожалуйста.

Ужинский: Впервые представлен криостат оригинальной конструкции. Я предлагаю, «представлен, представлен, представлен, представлен», заменить на два слова - «разработан и создан», криостат.

Малахов: У вас это отмечено?

Ужинский: Да, конечно.

Малахов: Нам передадите, еще какие замечания есть? Спасибо. Так, тогда есть предложение принять вот эти замечания в заключении совета, нет возражений? Кто «за», прошу проголосовать. Кто, «против»? Нет. Воздержавшихся нет. Ну, что счетная комиссия готова? Пожалуйста, голосуйте.

Идет голосование.

Малахов: Объявление, не разбегайтесь, когда мы закончим заседание, там напротив есть столовая, там кофе, бутербродики .

Малахов: Так внимание всем. Комиссия счетная готова объявить результаты. Предоставляется слово Смирнову Виталию Анатольевичу. Профессору, доктору наук.

Смирнов: Комиссия по подсчету голосов при тайном голосовании по диссертации Черникова Александра Николаевича на соискание ученой степени кандидата технических наук. В состав не введено дополнительных членов. Присутствовало на заседании 25 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, шесть. Роздано бюллетеней 25, осталось не розданных бюллетеней 6. Оказалось в урне бюллетеней 25. Результаты голосования по вопросу присуждения ученой степени кандидата технических наук Черникову Александру Николаевичу. «За» 25, «против» нет, недействительных бюллетеней нет. Роспись членов комиссии.

Малахов: Спасибо. Нам надо утвердить протокол. Кто за? против нет, воздержавшихся нет. Ну, теперь можем поздравить Черникова Александра Николаевича.

Аплодисменты.

Малахов: Пожелаем ему подготовить докторскую, поскольку у него действительно много материалов и написать соответствующий обзор, монографию, как рекомендовали. Всего хорошего.

Председатель диссертационного совета,
доктор физ-мат. наук, профессор

Малахов А.И.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат физ-мат. наук

Арефьев В.А.

« » июня 2019 года