

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Лаборатории  
нейтронной физики им. И.М. Франка  
В.Н. Швецов  
2017 г.

ВЫПИСКА  
из протокола №3 заседания Научно-технического совета  
НЭОКС ЛНФ от 25 мая 2017 г.

Численный состав НТС – 18 человек.

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:** члены НТС (15 человек из 18):

Авдеев М.В. (д.ф.-м.н.), Балагуров А.М. (д.ф.-м.н.), Белушкин А.В. (д.ф.-м.н.),  
Богдзель А.А., Журавлёв В.В., Кирилов А.С. (к.ф.-м.н.), Круглов В.В. (к.ф.-м.н.),  
Куликов С.А. (к.ф.-м.н.), Литвиненко Е.И. (к.ф.-м.н.), Приходько В.И. (к.т.н.),  
Сиротин А.П. (к.т.н.), Сухомлинов Г.А., Черников А.Н., Чураков А.В.,  
Шабалин Е.П. (д.ф.-м.н.)

и другие сотрудники ЛНФ (всего 26 человек)

**Повестка заседания:**

А.Н. Черников

**«РАЗРАБОТКА КРИОСТАТОВ ДЛЯ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ»**

(предзащита диссертации, представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики»).

**СЛУШАЛИ:** сообщение ЧЕРНИКОВА АЛЕКСАНДРА НИКОЛАЕВИЧА о содержании, основных положениях и выводах диссертации «Разработка криостатов для ядерно-физических исследований» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики. Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент АН Республики Татарстан М.С. Тагиров. Тема диссертации и научный руководитель утверждены на заседании НТС Научно-экспериментального отдела комплекса спектрометров ИБР-2 ЛНФ (протокол №5 от 24 июля 2013 г.).

На обсуждении было отмечено, что работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, и соответствует специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики. Диссертация рекомендована к защите в диссертационном совете Д 720.001.02 при Лаборатории физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина ОИЯИ.

**Заключение о диссертационной работе.**

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. В области температур выше 0.3 К представлены двухступенчатые рефрижераторы с откачкой гелия-3, в которых отсутствуют какие-либо внешние системы откачки или вакуумные коммуникации, что дает преимущества за счет автономности и мобильности. В области гелиевых температур представлен сверхвысоковакуумный безазотный криостат для охлаждения сканирующего туннельного микроскопа. Криостат имеет рекордное время удержания гелиевой температуры, что важно для получения хорошей статистики при накоплении электронных спектров. В области температур (6-300) К представлен ряд шахтных криостатов, которые разработаны и внедрены на конкретных нейтронных спектрометрах с учетом их специфики.

### Основные результаты работы

1. Представлен криостат с рефрижератором растворения гелия-3 в гелии-4 с расширенными возможностями - как по диапазону температур, так и по загрузке образца.
2. Представлены криостаты с двухступенчатыми рефрижераторами на откачке паров He3 для работы на температурном уровне 0.3 К.
3. Представлен гелиевый безазотный сверхвысоковакуумный криостат для охлаждения сканирующего туннельного электронного микроскопа (СТМ). Конструкция этого криостата защищена Патентом РФ.
4. Представлены шахтные криостаты с охлаждением криокулерами замкнутого цикла, которые разработаны в соответствии с техническими требованиями конкретных спектрометров нейтронов.

### Научная новизна и практическая значимость результатов:

1. Впервые представлен криостат с рефрижератором растворения  $^3\text{He}$  в  $^4\text{He}$  и рефрижератором откачки  $^3\text{He}/^4\text{He}$ , камера растворения и испаритель которых соединены теплообменником.

Криостат позволяет проводить эксперименты в диапазоне температур (4,2 ÷ 0,028) К. На этом криостате проведены измерения:

- Электропроводности образцов  $p\text{-InSb}(Mn)$  в зависимости от температуры и магнитного поля в диапазоне (4,2 ÷ 0,04) К. Обнаружена большая производная проводимости в зависимости от температуры, что позволяет использовать их в качестве термочувствительного элемента кремниевого теплового детектора ядерного излучения, работающего при сверхнизкой температуре.

- Холодопроизводительностей в разных режимах работы, на основании которых был вычислен теплоприток к камере растворения по прямому вертикальному каналу, нижняя часть которого содержит жидкий гелий-4, жидкий гелий-3, раствор гелия-3 в гелии-4, что в дальнейшем позволило создать тонкопленочную полиэтиленовую поляризованную мишень с динамической поляризацией ядер водорода, охлаждаемую сверхтекучей пленкой гелия-4, для работы с поляризованными нейтронами в PSI (Швейцария).

2. Представлены оригинальные конструкции криостатов с двухступенчатыми сорбционными рефрижераторами с откачкой паров  $^3\text{He}$ . С их помощью были проведены измерения сверхпроводящего перехода пленок титана – элементов матричного болометра субмиллиметрового диапазона электромагнитного излучения. Рефрижератор с откачкой  $^3\text{He}$  с охлаждением криокулером находится в эксплуатации в ИРЭ РАН (г. Москва) с 2011 год.
3. Представлен криостат с системой охлаждения сканера туннельного сканирующего микроскопа (СТМ), конструкция которого защищена патентом. Криостат находится в эксплуатации с 2008 года в составе микроскопа GPI CRYO в ИОФ РАН (Москва).
4. Представлены конструкции шахтных криостатов, которые удовлетворяют требованиям конкретных спектрометров нейтронов.
  - Шахтный криостат с диаметром шахты 20 мм используется в составе Порошкового дифракционного нейтронного комплекса (ПДК) в Мяньян, КНР в Институте ядерной физики и химии (ИЯФХ) и находится в эксплуатации с 2004 года.
  - 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.
  - 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

Отмечено, что каждое направление работ может составить самостоятельное диссертационное исследование. Результаты в каждом направлении достигнуты при определяющем вкладе Черникова А.Н.

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

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

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

XVIII International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-18), Dubna, Russia, 2010 ; Twenty- Third International Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference 2010 (ICEC23-ICMC2010) Wroclaw, Poland, 2010; 8th International Workshop on Sample Environment @ Neutron Scattering Facilities, Oxfordshire and ISIS, Great Britain, 2014; XXI Совещание по использованию рассеяния нейтронов в исследованиях конденсированного состояния, РНИКС-2010, (Москва, 2010) ; VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучение, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов" РСНЭ\_НБИК, Москва, 2009.



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

- A1. *Chernikov, A.N.* Installation for producing low temperatures on the (0.028 – 4.2)K range/ **A.N. Chernikov**, Yu.F.Kiselev//Cryogenics, 1990, Vol. 30, p. 52 – 55
- A2. *Obukhov, S.A.* Low temperature resistance of p-InSb(Mn) / S.A.Obukhov, B.S. Neganov, Yu.F. Kiselev, **A.N. Chernikov**, V.S.Vekshina, N.I.Pepic, and A.N.Popkov. //Cryogenics, 1991, Vol. 31, p. 874-877
- A3. *Trofimov, V.N.* Autonomous sorption refrigerator for cooling to 0.3 K / V.N. Trofimov, **A.N. Chernikov** // Instruments and Experimental Techniques. 2003. V.46(4), p. 576-577
- A4. *Chernikov, A.N.* Helium-3 adsorption refrigerator cooled with a closed cycle cryocooler/ **A.N.Chernikov** and V.N.Trofimov // Journal of Surface Investigation. X\_ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2014, Vol. 8, No. 5, p. 952–956
- A5. *Vystavkin, A.N.* High-sensitivity 0.13–0.38-thz matrix radiometer based on superconducting bolometers for the BTA telescope/ A.N. Vystavkin, S.V. Shitov, S. E. Bankov, A. G. Kovalenko, A. V. Pestryakov, I. A. Kon, A. V. Uvarov, V. F. Vdovin, V. G. Perminov, V. N. Trofimov, **A. N. Chernikov**, M. G. Mingaliev, G. V. Yakorov, and V. F. Zabolotniy. // Radiophysics and Quantum Electronics, 2007, V. 50(10–11), p. 852-857
- A6. *Трофимов, В.Н.* Система охлаждения сканирующего сверхвысоковакуумного туннельного микроскоп / Трофимов В.Н., **Черников А.Н.**, Зайцев-Зотов С.В. // Патент РФ №62691, приоритет от 6.12.2006
- A7. *Chernikov, A.N.* Shaft Cryostat on the Basis of a Pulse Tube Closed Loop Cryocooler for Cooling High Pressure Chambers with Diamond and Sapphire Anvils / **Chernikov A.N.**, Buzdavin A.P., Zhuravlev V.V., Ryom Gwang Chol and Glazkov V.P. // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2010,V.4(6), p. 898-902

В препринтах и сообщениях ОИЯИ:

- B1. *Киселев, Ю.Ф.*, Устройство для получения низких температур в диапазоне 0.028 – 4.2 К / Киселев Ю.Ф., **Черников А.Н.** // Препринт ОИЯИ, P8-89-470, 1989, с.1-10
- B2. *Черников, А.Н.* Шахтный криостат для порошковой дифракции нейтронов на основе рефрижератора замкнутого цикла для работы в диапазоне температур 6 - 300 К / **Черников А.Н.**, Журавлев В.В.,Ульянов В.А., Трунов В.А., Булкин А.П., Колхидашвили М.Р. // Сообщения ОИЯИ, 2005, P8-2005-23, с.1-10

- B3. *Budagov, J.A.* Leak Rate Measurements on Bimetallic Transition Samples for ILC Cryomodules / J.Budagov, **A.Chernikov**, B.Sabirov, A.Sissakian, G.Shirkov, A.Sukhanova, I.Malkov, V.Perevozchikov, V.Rybakov, V.Zhigalov, A.Basti, F.Bedeschi, F.Frasconi, S.Linari, R.Kephart, S.Nagaitsev // JINR Communication E13-2008-110, Dubna, 2008, p.1-10

В тезисах и материалах докладов на научных конференциях:

- C1. *Chernikov, A.N.* Development of laboratory cryostats in the cryogenics research group of FLNP JINR / **Chernikov A.N.**, Zuravlev V.V., Buzdavin A.P. Rem Gwang Chol, Trofimov V.N. // "XVIII International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-18)" book of abstracts, - Dubna, Russia, 26-29 May 2010.- p. 40
- C2. *Черников, А. Н.* Шахтные криостаты для нейтронных исследований в диапазоне температур 6-300К / **А.Н. Черников** //XXI Совещание по использованию рассеяния нейтронов в исследованиях конденсированного состояния, РНИКС-2010, Тезисы, Москва.16-19 ноября 2010 - с.162
- C3. *Trofimov, V.N.* Design and performance of double stage He4/He3 refrigerator with cryosorption pumps / Trofimov, V.N., **Chernikov A.N.**, Vdovin V.F., Perminov V.G., Mansfeld M.A. // Proceeding of the Twenty- Third International Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference 2010 (ICEC23-ICMC2010) Wroclaw, Poland, 2010 (Wroclaw 2011) - p. 645-647
- C4. *Черников, А.Н.* Шахтный криостат для охлаждения камер высокого давления с алмазными и сапфировыми наковальнями / **Черников А.Н.**, Бuzдавин А.П., Журавлев В.В., Рем Кван Чол, Глазков В.П. // VII Национальная конференция "Рентгеновское, Синхротронное излучение, Нейтроны и Электроны для исследования наносистем и материалов" РСНЭ\_НБИК 2009, Тезисы, Москва,16-21 ноября 2009 - стр. 619
- C5. *Chernikov, A.N.* Facility update of the JINR / **Chernikov A.N.** // 8th International Workshop on Sample Environment @ Neutron Scattering Facilities, Oxfordshire and ISIS, 12 -16 October 2014.

#### **ПОСТАНОВИЛИ:**

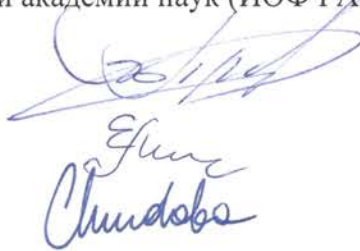
1. Рекомендовать представленную **ЧЕРНИКОВЫМ АЛЕКСАНДРОМ НИКОЛАЕВИЧЕМ** диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики к защите в диссертационном совете Д 720.001.02 при Лаборатории физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина ОИЯИ.
2. Утвердить текст заключения о диссертационной работе **ЧЕРНИКОВА АЛЕКСАНДРА НИКОЛАЕВИЧА**.

3. Рекомендовать в качестве официальных оппонентов:
- Дмитриева Владимира Владимировича, доктора физико-математических наук, профессора, академика РАН, директора, Института физических проблем им. П.Л.Капицы РАН.
  - Митюхляева Виктора Алексеевича, кандидата физико-математических наук, начальника группы источников холодных нейтронов и криогенных систем на реакторе ПИК Отделения нейтронных исследований Петербургского института ядерной физики НИЦ «Курчатовский институт»
4. Рекомендовать в качестве ведущей организации научно-исследовательское учреждение Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН)

Председатель НТС НЭОКС ЛНФ

Секретарь НТС НЭОКС ЛНФ

Ученый секретарь ЛНФ ОИЯИ



В.И. Приходько

Е.И. Литвиненко

Д. Худоба