

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Александра Николаевича Черникова «Разработка криостатов для ядерно-физических исследований», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертационная работа А.Н. 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 А.Н. 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 (уменьшению теплопритока, расширению рабочего диапазона температур, упрощению конструкции и т.д.) по сравнению с имеющимися аналогами. Практическая значимость диссертации следует из того, что разработанные автором диссертации криостаты успешно используются во многих исследовательских лабораториях. Кроме этого, новые (уже опробованные) технические решения в дальнейшем могут быть использованы при разработке будущих криостатов.

Материал диссертации изложен следующим образом:

Во введении дается подробный и качественный обзор методов получения низких и сверхнизких температур, что важно для понимания диссертационной работы в целом. В частности, здесь приводится подробное объяснение принципа работы рефрижераторов на пульсационных трубах, которые появились относительно недавно, и хороших обзоров по этой теме в литературе найти непросто.

В первой главе описана конструкция и приводятся характеристики комбинированного криостата, включающего в себя рефрижератор растворения  $^3\text{He}$ - $^4\text{He}$  и рефрижератор откачки  $^3\text{He}$  (или  $^4\text{He}$ ). Данная конструкция, вероятно, является уникальной и совмещает в одном приборе достоинства каждого из вышеупомянутых рефрижераторов, что существенно расширяет возможности для экспериментов. Важным преимуществом этого криостата является также возможность смены исследуемых образцов без отогрева всей системы.

Вторая глава посвящена разработанным автором сорбционным рефрижераторам откачки  $^3\text{He}$ . Особый интерес здесь представляют рефрижераторы с полной автономностью, для работы которых не требуются внешние газовые коммуникации для  $^3\text{He}$  и  $^4\text{He}$ . Это позволяет использовать такие рефрижераторы для получения температур до 0.3 К в лабораториях, где нет таких коммуникаций и/или нет опыта работы с криогенным оборудованием (например, в обсерваториях, удаленных научных станциях и т.д.).

В третьей главе приводится описание компактного безазотного гелиевого криостата для охлаждения туннельного сканирующего микроскопа. Благодаря новым техническим решениям (удачной компоновке, новой конструкции теплообменников и др.), которые защищены патентом, автору удалось добиться рекордно малой испаряемости жидкого гелия для таких криостатов. Отмечу еще простоту конструкции и ее высокую жесткость. Все это делает данную разработку полезной для широкого круга исследований, где требуется охлаждать образцы до гелиевых температур при малом уровне вибраций.

Четвертая глава посвящена линейке шахтных криостатов с шахтами диаметром от 20 мм до 120 мм для работы в диапазоне температур 5-300 К с охлаждением криокулерами замкнутого цикла. Данные криостаты разработаны для использования в составе нейтронных спектрометров, но могут использоваться также для широкого круга других исследований. Важной их отличительной чертой является вертикальная загрузка образца, обеспечивающая возможность смены образца без отогрева криостата. В Заключениях перечислены результаты, выносимые на защиту.

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 в 2-ой и 3-ей главах, но это никак не умаляет результаты других глав. Диссертация написана ясно и практически не содержит опечаток. Одну ошибку я заметил в автореферате, где в описании Рисунка 2 перепутаны обозначения (5 и 6) 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 «к» в слове «термоакустический» - 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 затыкание пробкой может только 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 А.Н. 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 А.Н. Черникова полностью соответствует всем требованиям ВАК, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Директор Института физических проблем им. П.Л.Капицы РАН,  
доктор физико-математических наук,  
академик

В.В.Дмитриев

18.04.2019

Почтовый адрес: 119334 Москва, ул. Косыгина 2  
Телефон: +7(499)727-02-04  
E-mail: dmitriev@kapitza.ras.ru



*Наставил В.В. Дмитриев*

*за Верю:*

*Наставил Мухомов (Л.Н. Мухомова)*