

ГЕЛИЕВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИОКУЛЕРОВ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

А. Н. Черников^{1*}, В. Д. Жакетов^{1,2}

¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

²Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

*E-mail: chern@nf.jinr.ru

Общей задачей исследований при низких температурах является отказ от использования привозных жидких криоагентов, гелия и азота. Задача решается с использованием криокулеров замкнутого цикла. В настоящее время компании производят криокулеры, которые обладают холодопроизводительностью, сопоставимой с характеристиками гелиевых криостатов, использующих процесс испарения жидкого гелия.

В гелиевых криостатах тепловой поток в 1 Ватт к жидкому гелию компенсируется за счет испарения гелия со скоростью 1.2 литра жидкого ^4He в час при температуре 4.2 К. Современные криокулеры достигают холодопроизводительности до 2.5 Вт при температуре 4.2 К и минимальной температуры до 2.2 К при нулевой производительности.

Криокулеры замкнутого цикла имеют две ступени, обеспечивающие температурные уровни 50 К и 2.2 К. Охлаждение объектов до 2.2 К может проводиться посредством твердотельного теплового моста со второй ступенью криокулера. Однако температуры 1.5 К и ниже требуют использования жидкого ^4He .

Логично жидкий ^4He набирать при помощи ожижителя, собранного на базе криокулера, расположенном в самом криостате, исключая транспортировку жидкого гелия.

Логично использовать конструкции получения низких и сверхнизких температур, технологически отработанных в гелиевых жидкостных криостатах.

В ЛНФ ведется проект разработки векторного магнита [1] на основе ВТСП двух направлений магнитного поля, вертикального и горизонтального, с несимметричными катушками, внутри которого располагается камера образца с температурами до 0.1 К. Основу проекта составляет разработанный ранее прототип рефрижератора растворения ^3He в ^4He [2], предназначенный для работы в вертикальном гелиевом криостате, заполняемым привозным жидким гелием. Жидкий ^4He в криостате проекта набирается в системе теплообменников [3], расположенных на регенераторе и второй ступени холодной головки криокулера на основе пульсационной трубы. Проект ориентирован на работу с поляризованными нейтронами на рефлектометре РЕМУР [4].

Также готовится проект горизонтального криостата на температуры до 1.5 К, которые достигаются путем вакуумной откачки паров жидкого ^4He , набираемого в системе теплообменников, расположенных на регенераторе и второй ступени холодной головки криокулера на основе пульсационной трубы, расположенном вертикально. Цель разработки расположение образца внутри высокооднородного магнитного поля вертикального направления, создаваемого между стальными полюсами теплового магнита. Криостат планируется использовать в рефлектометрии нейтронов.

Использование криокулеров на пульсационной трубе обусловлено требованием минимизации вибраций, которое накладывает рефлектометрия нейтронов. Это требование удовлетворяется типом криокулера, в которых роторный вентиль и расширительные бабки вынесены за пределы холодной головки криокулера.

В связи с этими положениями была создана гелиевая лаборатория, которая включает в себя мягкую емкость хранения газообразного гелия. Так емкость имеет объем 12 м.куб. Газообразный гелий поставляется в баллонах емкостью 40 л под давлением 150 бар, или 6 м. куб. нормального гелия. Количества газообразного гелия 6 м. куб. достаточно для получения 7 л жидкого гелия.

1. V. Altynov et.al. Journal of Surface Investigation: X-ray, synchrotron and neutron techniques, **18**, 900 (2024).
2. A. N. Chernikov and Yu. F. Kiselev. Cryogenics **30**, 52 (1990).
3. A. N. Chernikov. Journal of Surface Investigation: X-ray, synchrotron and neutron techniques **17**, 473 (2023).
4. В. Л. Аксенов и др. Сообщения ОИЯИ, Дубна, Д13-2004-47 (2004).