

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ ОТКАЧКИ ПАРОВ ГЕЛИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ СТАЦИОНАРНОГО РЕЖИМА ИСТОЧНИКА УХН

Сиротин А.В. (ИТМО; Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" – Петербургский институт ядерной физики), **Коптюхов А.О.** (Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" – Петербургский институт ядерной физики), **Лямкин В.А.** (Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" – Петербургский институт ядерной физики), **Бородин Г.О.** (Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" – Петербургский институт ядерной физики)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Зайцев А.В. (ИТМО)

Введение. В настоящее время на базе НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ проводится разработка и подготовка к запуску источника ультрахолодных нейтронов (УХН) на реакторе ПИК [1]. Работа камеры источника УХН предполагает криостатирование на температурном уровне 1 К с использованием рекуперативного теплообменника, где рабочим веществом является жидкий гелий. Учитывая теплоизоляцию, особенности конструкции, выбор материалов и т.д., теплопритоки к рекуперативному теплообменнику и питающего его криостату относительно невелики и суммарно оцениваются в 3,14 Вт. Для компенсации этих, а также реакторных, теплопритоков и обеспечения необходимого температурного уровня сверхтекучего гелия используется вакуумная откачка паров. Требуется определить массовый расход гелия, который вакуумная система должна откачать в единицу времени для соблюдения равновесия в системе. Основным препятствием к этому является неопределённость значения доли массового расхода, направленной на компенсацию теплоты прибывающего в систему с температурой 4,2 К гелия. Данные из источника [2] могли бы разрешить эту неясность, но на деле приводят к противоречию.

Основная часть. Для расчётного нахождения общего необходимого массового расхода гелия требуется определить значение доли гелия, ушедшей на компенсацию разницы температур. Однако это значение варьируется в зависимости от принятых допущений. Три опробованных подхода дали значения в 0,32, 0,36 и 0,48, приводя к расхождению и в итоговом значении массового расхода от 0,5, 0,53 и 0,65 г/с соответственно. Была предпринята попытка определить наиболее верный подход с использованием информации из источника [2], а именно: расчётной формулы и таблицы со справочными данными. Для расчёта по формуле из источника [2] был создан ряд данных из отношения изобарной теплоёмкости к теплоте парообразования в зависимости от температуры с шагом 0,05 К (на основе данных [3]), а затем произведена аппроксимация. Использование же табличных данных потребовало экстраполирования до нашего температурного уровня 1 К от минимального данного в таблице значения в 1,6 К. По итогам, два описанных подхода имели расхождение, крайне схожее с расхождением, полученным в наших изначальных вычислениях: доля гелия, компенсирующая разницу температур, равнялась 0,34 и 0,5 для расчёта по формуле и экстраполированию таблицы соответственно (что эквивалентно для нашей системы итоговым массовым расходам в 0,52 и 0,68 г/с соответственно). Для определения более верного подхода решено было провести эксперимент, заключающийся в заливке криостата известного объёма жидким гелием и откачке паров гелия для понижения температуры до требуемого уровня. Данные уровнемеров позволяют высчитать расход гелия.

Выводы. Производительность системы откачки паров гелия для вышеописанных условий была определена пятью подходами. Результаты разбиваются на две чёткие группы:

0,5±0,53 и 0,65±0,68 г/с. Определение наиболее верного из предпринятых подходов требует верификации расчётов экспериментом.

Список использованных источников:

1. Источник ультрахолодных нейтронов на основе сверхтекучего гелия для реактора ПИК / Серебров А.П., Лямкин В.А., Фомин А.К., Онегин М.С. // ЖТФ, 2022. – №6 с. 899-906. DOI: 10.21883/JTF.2022.06.52522.21-22
2. Хэфер, Р. Криовакуумная техника. / Р.А. Хэфер. Пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 272 с.
3. Arp, V.D. Thermophysical properties of Helium-4 from 0.8 to 1500 K with pressures to 2000 MPa. / V.D. Arp, R.D. McCarty, D.G. Friend. – Washington: U.S. Government Printing Office, 1989 – 152 p.