

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ КРИОГЕННОГО ПУЛЬСАЦИОННОГО ОХЛАДИТЕЛЯ КОАКСИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Горбунов А.В.<sup>1</sup>, Сармин Д.В.<sup>2</sup>, Угланов Д.А.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>АО «РКЦ «Прогресс», г. Самара, artemg\_405@list.ru  
<sup>2</sup>Самарский университет, г. Самара

*Ключевые слова:* криогенные пульсационные охладители, коаксиальная схема, регенератор.

Как известно, одним из недостатков высокочувствительных фотоэлектронных приёмников излучения является необходимость снабжать их криогенными системами охлаждения, что увеличивает их стоимость, массу, габариты и энергопотребление [1].

Существует множество систем охлаждения, разной степени эффективности, которые могут удовлетворить тем или иным техническим требованиям. Основными параметрами, которыми отличаются аэрокосмические системы охлаждения от промышленных или систем наземного применения, являются:

- минимально возможная масса и габариты;
- минимально возможная потребляемая мощность;
- высокая надёжность, исключающая необходимость ремонта.

Наиболее подходящие к таким требованиям в виду своей надёжности (простоты) являются криогенные пульсационные охладители.

Криогенные пульсационные охладители работают с колеблющимся давлением и массовым расходом и не имеют движущихся частей как и вытеснителя [2, 3].

Предлагается коаксиальная схема и конструкция холодильной установки, которая имеет ряд преимуществ перед линейными пульсационными охладителями:

- простота присоединения инфракрасного приёмника к холодному концу теплообменника, из которого вытекает лёгкая установка ограждения защитного кожуха;
- компактное расположение элементов пульсационной трубы и двух спаренных теплообменников, находящихся с одной стороны, которое способствует улучшению работы регенератора, выраженное в отсутствии тепловых потерь от горячего теплообменника к холодному, в связи с разнесённым их расположением.

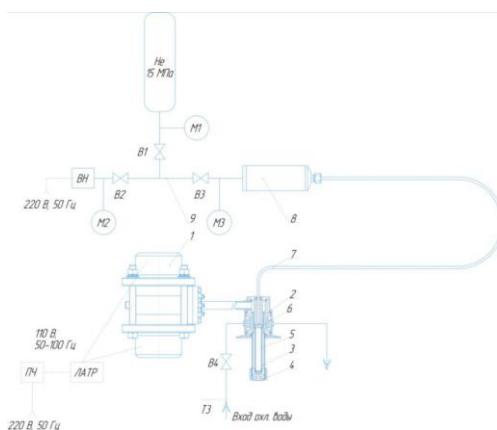


Рисунок 1 – Схема криогенного пульсационного охладителя

Для получения фактических характеристик установки, теоретических данных и расчётных методик была разработана и спроектирована экспериментальная холодильная установка коаксиального типа криогенного уровня (рис. 1).

В процессе эксперимента установка заправляется сжатым гелием, температурой 300 К, при различных давлениях от 0,5 до 4 МПа.

Коаксиальный охладитель содержит (в соответствии с рисунком 1): оппозитный линейный генератор (альтернатор) (1); предохранитель (2); регенератор (3); холодный теплообменник (4); пульсационную трубку (5); горячий теплообменник (6); инерционная трубка с дросселем (7); резонатор (8); линию заправки и вакуумирования (9), систему безопасности, систему замера, контроля и регистрации параметров (не отображена на схеме).

Генератор волн (альтернатор) соединен с генератором сигналов (BK Precision 4011A) и усилителем (CrownCE 1000). Генератор сигналов может создавать  $\pm 80,0$  В гармонических колебаний с частотой до 0,3 МГц. Верхний предел частоты колебаний генератора волн для КПО в данном исследовании 160 Гц. Для измерения напряжения (параллельно) и силы тока (последовательно) от генератора волн между генератором сигналов и генератором волн установлены два цифровых датчика. Эти измерения используются для расчетов полной входной мощности генератора волн.

Датчик давления Овен (ПД-100) расположен в линии заправки перед резонатором. Термопара Овен типа К (незаземленный тип датчика) используется для измерения температуры газа в холодном теплообменнике (4), встроенная непосредственно в корпусе. Точность термопары примерно  $\pm 1$  К ниже 273 К.

Два теплообменника (т.е. предохранитель и горячий теплообменник) объединены и заключены в водный кожух охлаждения. Регенератор, холодный теплообменник и часть пульсационной трубы имеют возможность присоединения к теплоизолированной камере. Теплоизолированная камера используется для снижения потерь вследствие конвективного теплообмена КПО с окружающей средой.

Таким образом, из приведённого выше следует, что экспериментальная холодильная установка коаксиального типа по сравнению с линейным является актуальной, интересной задачей исследования и получения её выходных характеристик производительности и энергоэффективности.

#### **Список литературы**

1. Некрасова С.О., Белозерцев В.Н. «Криогенный охладитель на пульсационной трубе с термоакустическим приводом», Самарский университет, 2016.
2. Ray Radebaugh «Development of the Pulse Tube Refrigerator as an Efficient and Reliable Cryocooler», Physical and Chemical Properties Division National Institute of Standards and Technology Boulder, CO 80303, USA.
3. Cao Q, Gan ZH, Liu GJ, Li ZP, Wu YZ, Qiu LM, Pfothenauer JM. Theoretical and experimental study on a pulse tube cryocooler driven by a linear compressor. In: Miller SD, Ross RG, editors. Cryocoolers 15. International Cryocooler Conference, Inc.; 2009. PP. 149-156.

#### **Сведения об авторах**

1. Горбунов Артём Вячеславович, аспирант кафедры ТиТД Самарского университета. Область научных интересов: тепломассообмен, термодинамика.
2. Сармин Дмитрий Викторович, к.т.н., доцент кафедры ТиТД Самарского университета. Область научных интересов: тепломассообмен, термодинамика.
3. Угланов Дмитрий Александрович, д.т.н., доцент кафедры ТиТД Самарского университета. Область научных интересов: тепломассообмен, термодинамика.

### **EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND TESTS CRYOGENIC PULSATION COOLER COAXIAL SCHEME**

Gorbunov A.V.<sup>1</sup>, Sarmin D.V.<sup>2</sup>, Uglanov D.A.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>JSC RCC Progress, Samara, artemg\_405@list.ru  
<sup>2</sup>Samara University, Samara, Russia

*Keywords: cryogenic pulsation coolers, coaxial circuit, swarm generator.*

As is known, one of the disadvantages of highly sensitive photoelectronic radiation detectors is the need to supply them with cryogenic cooling systems, which increases their cost, weight, size, and power consumption [1].