

УДК 621.57

Гибридная система охлаждения бортовых ИК-приемников на основе вихревого и термоэлектрического эффектов

Е. О. БАРБОНОВ¹, д-р техн. наук В. В. БИРЮК², М. Н. ГАЙНУЛЛИН,
В. А. СОТОВА, П. А. ЧЕРТЫКОВЦЕВ

¹barbon93@mail.ru, ²teplotex_ssau@bk.ru

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королева
(Самарский университет)

Представлена схема гибридной системы охлаждения бортовых ИК-приемников на основе вихревого и термоэлектрического эффектов. Проведен расчет вихревой трубы для охлаждения полупроводникового прибора, выделяющего мощность $W_k = 100$ Вт. Потребная температура холодного потока $T_x = -30$ °С и допустимый подогрев его при охлаждении прибора не превышает $\Delta t_k = 10$ °С при давлении $p_x = 0,1$ МПа. Температура воздуха на входе в вихревую трубу $T_1 = 20$ °С. Проведен расчет геометрических параметров вихревой трубы. Проведен расчет характеристик термоэлектрического модуля и системы охлаждения в программе Kryotherm. На основании расчета выбран четырехкаскадный модуль ТВ-4- (59-31-11-4) — 1,5 российской компании KRYOTHERM. Этот модуль способен обеспечить разницу температур $\Delta T_{max} = 118$ К, при следующих параметрах: $I_{max} = 0,8$ А; $U_{max} = 6,9$ В; $R_{ac} = 3,48$ Ом; $Q_{max} = 0,4$ Вт. На основании данных, полученных в результате численного моделирования проточной части вихревой трубы в программе ANSYS и подбора оптимального термоэлектрического модуля в программе Kryotherm, была предложена гибридная система охлаждения. Произведен анализ энергетической эффективности предлагаемой системы охлаждения.

Ключевые слова: гибридная система охлаждения, вихревая труба, термоэлектрический модуль, эксергетический КПД системы.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 23.01.2017, принята к печати 15.05.2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-2-31-37

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Барбанов Е. О., Бирюк В. В., Гайнуллин М. Н., Сотова В. А., Чертыковцев П. А. Гибридная система охлаждения бортовых ИК-приемников на основе вихревого и термоэлектрического эффектов // Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С. 31–37.

The hybrid cooling system of onboard infrared detectors on the basis of vortex and thermoelectric effects

Е. О. BARBONOV¹, D. Sc. V. V. BIRYUK², M. N. GAJNULLIN, V. A. SOTOVA,
P. A. CHERTYKOVTSSEV

¹barbon93@mail.ru, ²teplotex_ssau@bk.ru

Samara National Research University

The aim of the paper is to demonstrate a scheme for onboard infrared detectors on the basis of vortex and thermoelectric effects. A calculation of vortex tube for cooling monolithic device with the power $W_k = 100$ W was carried out. Required temperature of cold stream is $T_x = -30$ °C and admissible heating that indicator would not exceed $\Delta t_k = 10$ °C at the pressure $p_x = 0.1$ MPa. The air temperature at the entrance to the vortex tube is $T_1 = 20$ °C. A calculation of geometrical parameters of the vortex tube was carried out. Calculation of characteristics for the thermoelectric module and cooling system in Kryotherm program is carried out. According to the calculation results TB-4- (59-31-11-4) — 1.5 four-stage module made by Russian KRYOTHERM company is chosen. This module is capable to provide a difference of temperatures $\Delta T_{max} = 118$ K at the following parameters: $I_{max} = 0.8$ A; $U_{max} = 6.9$ V; $R_{ac} = 3.48$ Ohm; $Q_{max} = 0.4$ W. The hybrid cooling system was offered on the basis of data obtained from numerical modeling for rotor bundle of the vortex tube in the ANSYS program and selection of the optimum thermoelectric module in Kryotherm program. Article presents analysis of energy efficiency of the cooling system in question.

Keywords: hybrid cooling system, vortex tube, thermoelectric module, exergy efficiency of system.

Article info:

Received 23/01/2017, accepted 15/05/2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-2-31-37

Article in Russian

For citation:Barboinov E. O., Biryuk V. V., Gajnullin M. N., Sotova V. A., Chertykovtsev P. A. The hybrid cooling system of onboard infrared detectors on the basis of vortex and thermoelectric effects. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 2. p. 31–37.**Введение**

Приемники инфракрасного излучения обладают оптимальными характеристиками. Набор охладителей, которые могли бы обеспечить необходимую рабочую температуру, весьма ограничен и пользование ими не всегда удобно, а иногда и невозможно. Это требует создания специальных охлаждающих устройств, которые, с одной стороны, допускают достаточно длительную и непрерывную эксплуатацию. В настоящее время наиболее представительной группой приборов криоэлектроники, широко применяемых совместно с микрокриогенными системами в самых различных областях исследований, являются ИК-приемники — глубоко охлаждаемые приемники инфракрасного излучения. Для ИК-приемников выбор рабочей температуры не может быть произвольным, температура зависит от свойств приемника излучения. Рабочая температура должна соответствовать той, при которой чувствительный элемент данного типа приемника, с другой, гарантируют стабильность температуры в определенных пределах, зависящих от свойств конкретного приемника излучения. Особенно нежелательны отклонения в сторону более высоких температур, вызывающие, как правило, снижение чувствительности. Чрезвычайно важное значение имеет время, в течение которого чувствительный элемент охлаждается до необ-

ходимой температуры, а также допустимые габаритные размеры и вес охлаждающей системы [1].

Классификация систем охлаждения

Для захлаживания бортовых систем охлаждения могут быть использованы следующие способы и охладители:

- заборный воздух с температурой $-40 \div -56$ °C (для авиационных систем);
- использование теплоты фазового перехода, запасенного на борту жидкого криогента;
- термомеханические охладители, работающие по обратному циклу (парокомпрессионные холодильные машины, ГКМ Стирлинга, Такониса, пульсационные охладители);
- дроссельные системы охлаждения, работающие от газа высокого давления, запасенного в баллонах;
- вихревая система охлаждения, с делящей вихревой трубой, работающая на воздухе с давлением до 0,6 МПа, поступающим от двигателя самолета.
- термоэлектрические системы охлаждения, основанные на эффекте Пельтье.

В табл. 1 представлен сравнительный анализ приведенных способов захлаживания [2–5].

Таблица 1

Сравнительный анализ способов охлаждения бортовых систем

Способы охлаждения	Достоинства	Недостатки	Проблемы	Примечания
Заборный воздух	Простота конструкции	Зависимость от высоты и скорости самолета	Организация забора воздуха	Возможно использование на транспортных дозвуковых ЛА
Вихревой эффект	Простота конструкции Малая масса	Давление воздуха 0,6 МПа; Ограничение по температуре охлаждения	Организация забора воздуха; Нужен теплообменник	Температура захлаживания может быть от 15 °C до -40 °C
ТЭО	Простота в эксплуатации	Организация теплосъема с горячих спаев	Деградация материалов при экстремальных условиях хранения и эксплуатации	В зависимости от количества каскадов температура захлаживания от 15 °C до -200 °C
Дроссельные системы охлаждения	Простота; Универсальность применения для бортовых систем	Существенная масса баллонов;	Хранение газа высокого давления, необходимость системы заправки	Температура захлаживания от -80 °C до -200 °C
ГКМ Стирлинга	Возможность получения температуры охлаждения в широком диапазоне до 80 °C	Относительно небольшой ресурс; Высокая стоимость	Стыковка с объектом охлаждения	Температура захлаживания может достигать -200 °C
Охладители на пульсационной трубе	Низкие массо-габаритные характеристики	Недостаточно большая холодопроизводительность	Не удается полностью избежать турбулентных потоков и теплообмена со стенками	Высокая надежность вследствие отсутствия движущихся частей в холодной части установки

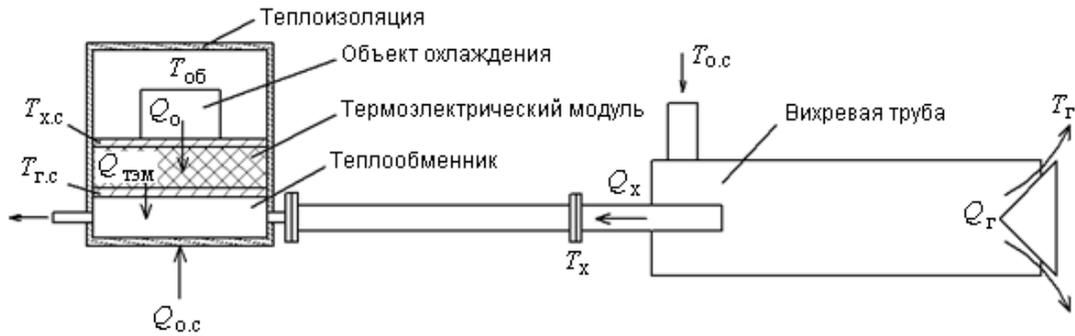


Рис. 1. Схема гибридной системы охлаждения

Схема гибридной системы охлаждения

Таблица 2

Для охлаждения ИК-приемников было принято решение использовать гибридную систему охлаждения, упрощенная схема которой показана на рис. 1.

Расчет геометрических параметров вихревой трубы

Опыт, накопленный в результате исследования вихревого эффекта, позволил создать методику расчета, пользуясь которой, можно получить оптимальные соотношения для размеров вихревой камеры. Из исследований следует отметить работу А. Меркулова, в которой приведена методика расчета вихревых труб диаметром 20–50 мм. Указанная методика базируется на использовании известных зависимостей коэффициента температурной эффективности $\eta_x = f(\mu)$, где $\mu = G_x/G$ [6, 7].

Коэффициент температурной эффективности представляет собой отношение эффекта охлаждения ΔT_x к эффекту охлаждения ΔT_s при изэнтропийном расширении:

$$\eta_x = \frac{\Delta T_x}{\Delta T_s} = \frac{T_1 - T_x}{T_1 \left[1 - \left(\frac{1}{\pi} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, \quad (1)$$

где T_1 — абсолютная температура на входе; T_x — абсолютная температура холодного потока; k — показатель адиабаты; $\pi = P_1/P_x$ — степень расширения вихревого холодильника.

Проведем расчет вихревой трубы для охлаждения полупроводникового прибора, выделяющего мощность $W_k = 100$ Вт. Потребная температура холодного потока

Параметры вихревой трубы

Количество отводимого холодным потоком тепла	W , Вт	100
Потребный расход воздуха	G , кг/с	0,033
Степень расширения в вихревой трубе	π	4,85
Давление воздуха на входе	P_1 , МПа	0,485
Площадь сопла	F_c , мм ²	30,8
Внутренний диаметр вихревой трубы	D , мм	20,3
Ширина квадратного сечения сопла	a , мм	5,55
Диаметр диафрагмы холодного воздуха	D_d , мм	9,00
Длина вихревой зоны	L , мм	182,4
Температура горячего потока	T_p , °С	41,4
Давление горячего потока перед дросселем	p_p , МПа	0,227

$T_x = -30$ °С и допустимый подогрев его при охлаждении прибора не превышает $\Delta t_k = 10$ °С при давлении $p_x = 0,1$ МПа. Температура воздуха на входе в вихревую трубу $T_1 = 20$ °С. В табл. 2 приведены параметры вихревой трубы.

Выбор оптимального термозлектрического модуля

Основными элементами любой термозлектрической холодильной машины являются так называемые термоз-

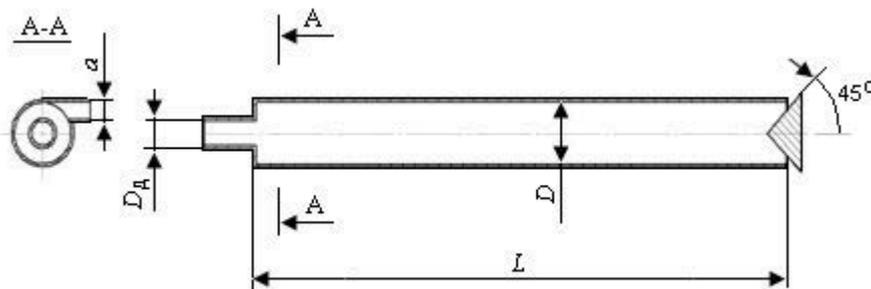


Рис. 2. Схема вихревой трубы



Рис. 3. Термоэлектрический модуль

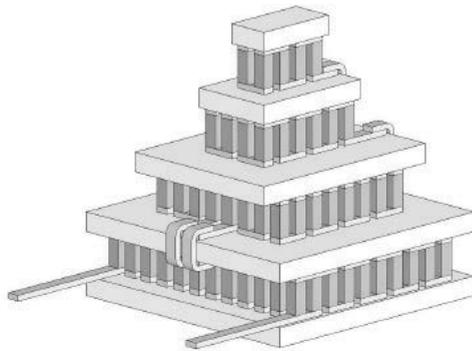


Рис. 4. Модуль ТВ-4- (59-31-11-4)-1,5

лектрические модули (рис. 3) — небольшие устройства, представляющие собой последовательно соединенные в электрическую цепь полупроводниковые термоэлементы, каждый из которых состоит из двух полупроводниковых столбиков *p*- и *n*-типа (их называют также ветвями).

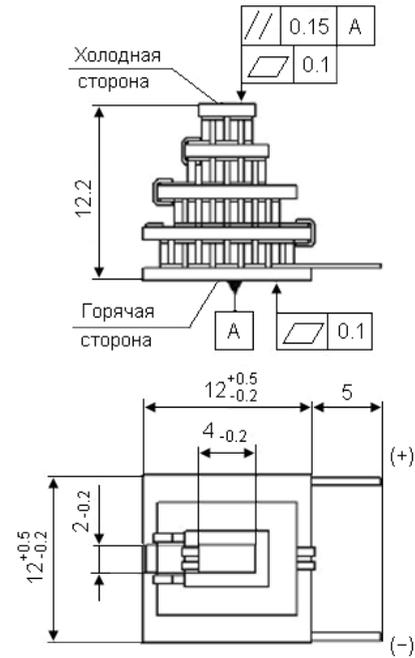


Рис. 5. Схема модуля ТВ-4-(59-31-11-4)-1,5

Thermoelectric System Calculation

Select module Connection Calculate Rh Calculate Rc Insulation Calculate system Print File Options Help Close

TB-4-(59-31-11-4)-1,5 I_{max} (Amps)= 0.8 Q_{max} (Watts)= 0.4 U_{max} (Volts)= 6.9 dT_{max} (K)= 118

Module determination...

Select module Number of modules n = 4

Connection: series ns = 4 parallel np = 1 series-parallel

Power source: Voltage Current I (A) = 0.8

Ambient T_a (°C) = 20 Object heat rejected W_{ob} (W) = 0.00

Hot side parameters R_h (K/W) = 2.138 Cold side parameters R_c (K/W) = 2.387

Insulation R_{ins} (K/W) = 100000000 Ideal

Parameters... per module per system

COP = 0.000

Main result: Object temperature T_{ob} (°C) = -108.0

Temperatures (°C) and Temperature differences (°C) table:

Temperatures (°C)	Temperature differences (°C)
T_h = -18.0	$T_h - T_{hf0}$ = 12.0
T_{hf0} = -30.0	$T_{hf0} - T_{ob}$ = 78.0
T_{ob} = -108.0	$T_{ob} - T_c$ = 0.0
T_c = -108.0	$T_h - T_c$ = 90.0

Diagram showing temperatures: T_{hf1} (°C) = -29.5, T_{hfa} (°C) = -29.7, T_{hf0} (°C) = -30.0, dT_{hf} (°C) = 0.5, W_h (W/K) = 40.0

Рис. 6. Расчет характеристик термоэлектрических модулей и систем охлаждения в программе Kryotherm

Выбор стандартного термоэлектрического модуля для конкретного применения основывается на трех параметрах. Ими являются температуры горячей T_g и холодной T_x сторон модуля, а также тепловая нагрузка Q_0 , которую следует отводить от холодной стороны [8].

В качестве опытного образца было решено использовать четырехкаскадный модуль ТВ-4-(59-31-11-4)-1,5 российской компании KRYOTHERM (рис. 4, 5). Этот модуль способен обеспечить разницу температур $\Delta T_{max} = 118 \text{ }^\circ\text{C}$, при следующих параметрах: $I_{max} = 0,8 \text{ A}$; $U_{max} = 6,9 \text{ В}$; $R_{ac} = 3,48 \text{ Ом}$; $Q_{max} = 0,4 \text{ Вт}$.

Выкладка результатов проводилась в программе расчета характеристик термоэлектрических модулей и систем охлаждения «Kryotherm» (рис. 6). Был осуществлен подбор оптимальных значений параметров ниже максимальных, условий охлаждения, изоляции и др. Таким образом, при оптимальном комплексе параметров для четырехкаскадного модуля, при использовании термоэлектрической системы охлаждения удалось добиться снижения температуры на $-78 \text{ }^\circ\text{C}$ с $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ до $-108 \text{ }^\circ\text{C}$.

Оценка эксергетического КПД системы

Затраты энергии на получение холода складываются из работы компрессора, подающего сжатый воздух на входе в вихревую трубу, и работы каскадного термоэлектрического элемента:

$$L = L_k + L_{ТЭМ} \tag{2}$$

где

$$L_k = \frac{kRT}{k-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \cdot G =$$

$$= \frac{1,4 \cdot 287 \cdot 293}{1,4-1} \left[\left(\frac{4,85}{1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] 0,033 = 5520 \text{ Вт};$$

$$L_{ТЭМ} = U \cdot I = 27,33 \cdot 0,8 = 21,87 \text{ Вт}$$

тогда $L = 5520 + 21,87 = 5541,9 \text{ Вт}$.

Эксергетическая температурная функция имеет вид:

$$\tau_e = \frac{T_x - T_{o.c.}}{T_{o.c.}} = \frac{165 - 293}{293} = 0,44.$$

Эксергетический КПД находится по следующей формуле:

$$\eta_e = \frac{Q_0 \cdot \tau_e}{L} = \frac{100 \cdot 0,44}{5541,9} = 0,008 = 0,8\%.$$

Расчет теплообменника

Было принято решение использовать медный теплообменник с габаритами, указанными на рис. 7.

Зная расход на входе в теплообменник и его геометрические параметры, были рассчитаны основные параметры теплообменника, приведенные в табл. 3 [9].

Схема гибридной системы охлаждения

На основании данных, полученных в результате численного моделирования проточной части вихревой трубы в программе ANSYS и подбора оптимального термоэлектрического модуля в программе Kryotherm, была предложена гибридная система охлаждения, упрощенная схема которой приведена на рис. 8 [10].

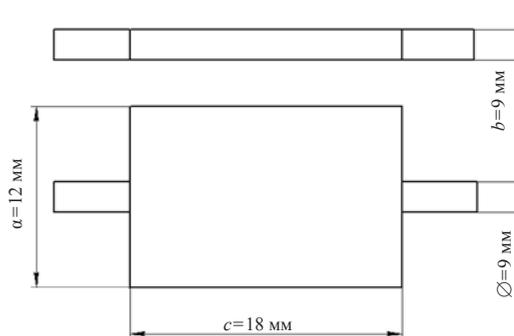


Рис. 7. Схема теплообменника

Таблица 3

Основные параметры теплообменника

Скорость потока	Эквивалентный диаметр	Число Рейнольдса	Число Нуссельта	Коэффициент теплообмена	Разница температур
ω , м/с	d_e , мм	Re	Nu	α , Вт/(м ² ·К)	Δt , °С
57,9	2	12505	34,11	$3,83 \cdot 10^6$	0,12

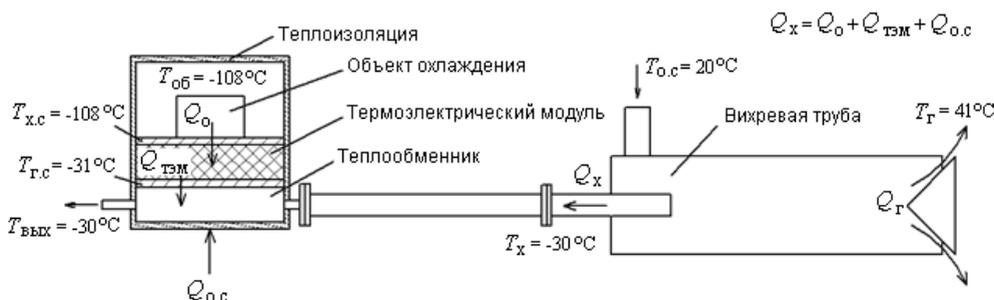


Рис. 8. Схема рассчитанной гибридной системы охлаждения

Выводы

Для охлаждения бортовых ИК-приемников предложена гибридная система охлаждения на основе вихревого и термоэлектрического эффектов. Данная система охлаждения обеспечивает температуру, подводимую к объекту охлаждения, в районе $-108\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эксергетический КПД системы составляет 0,8%, такой низкий КПД

обуславливается затратами большого количества энергии для работы компрессора. Преимуществами данной системы являются: низкие массо-габаритные характеристики, простота эксплуатации, простота конструкции, отсутствие подвижных частей системы, высокая холодопроизводительность. Недостатком данной системы является организация подвода сжатого воздуха на входе в систему.

Литература

1. Антонов Е. И., Ильин В. Е., Коленко Е. А. Устройства для охлаждения приемников излучения. — М.: Машиностроение, 1969. 248 с.
2. Архаров А. М., Дилевская Е. В., Каськов С. И., Шевич Ю. А. Конструкции микротеплообменников криогенных систем для охлаждения маломощных электронных устройств. // Вестник Международной академии холода. 2008. № 1. С. 15–20.
3. Довгялло А. И., Сармин Д. В., Угланов Д. А., Цапкова А. Б. Использование баллона с криогенной заправкой в различных областях техники // Вестник Международной академии холода. 2014. № 4. С. 26–31.
4. Архаров А. М., Архаров И. А., Антонов А. Н. Машины низкотемпературной техники. Криогенные машины и инструменты: учебник. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. 582 с.
5. Бумагин Г. И. Криогенные машины: учебное пособие. — М.: ОмГТУ, 2007. 216 с.
6. Меркулов А. П. Вихревой эффект и его применение в технике. — М.: Машиностроение, 1969. 185 с.
7. Суслов А. Д., Иванов А. В., Мурашкин Ю. В., Чижиков Ю. В. Вихревые аппараты. — М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
8. Галкина Н. В. Использование гибридной системы охлаждения на основе вихревой трубы и термоэлектрического холодильника для получения криогенных температур. // Технические науки: теория и практика: материалы II МНК (г. Чита, январь 2014 г.). — Чита: Изд-во «Молодой ученый», 2014. С. 26–28.
9. Филькин Н. Ю., Юша В. Л. Теоретическая оценка влияния конструктивных параметров проточной части коротких диффузоров на их газодинамическую эффективность. // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С. 68–72.
10. Серяков А. В. Исследование коротких низкотемпературных тепловых труб. Часть 2. Теоретическая модель. // Вестник Международной академии холода. 2015. № 1. С. 47–52.

References

1. Antonov E. I., Il'in V. E., Kolenko E. A. Devices for cooling of receivers of radiation. Moscow, Mashinostroenie, 1969. 248 p. (in Russian)
2. Arkharov A. M., Dilevskaya E. V., Kas'kov S. I., Shevich Yu. A. Designs of microheat exchangers of cryogenic systems for cooling of low-current electronic devices. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2008. No 1. p. 15–20. (in Russian)
3. Dovgyallo A. I., Sarmin D. V., Uglanov D. A., Tsapkova A. B. Use of a cylinder with cryogenic gas station in various fields of technique. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014. No 4. p. 26–31. (in Russian)
4. Arkharov A. M., Arkharov I. A., Antonov A. N. Cars of the low-temperature technique. Cryogenic cars and tools: textbook. Moscow, MGTU im. N. E. Bauman, 2011. 582 p. (in Russian)
5. Bumagin G. I. Cryogenic cars: manual. Moscow, OmGTU, 2007. 216 p. (in Russian)
6. Merkulov A. P. Vortex effect and its application in technique. Moscow, Mashinostroenie, 1969. 185 p. (in Russian)
7. Suslov A. D., Ivanov A. V., Murashkin Yu. V., Chizhikov Yu. V. Vortex devices. Moscow, Mashinostroenie, 1985. 256 p. (in Russian)
8. Galkina N. V. Use of a hybrid cooling system on the basis of a vortex pipe and the thermoelectric refrigerator for obtaining cryogenic temperatures. Technical science: theory and practice: materials II MNK (Chita, January, 2014). Chita, Izd-vo Molodoi uchenyi, 2014. p. 26–28. (in Russian)
9. Fil'kin N. Yu., Yusha V. L. Theoretical assessment of influence of design data of a flowing part of short diffusers on their gas-dynamic effectiveness. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2016. No 3. p. 68–72. (in Russian)
10. Seryakov A. V. Research of short low-temperature thermal pipes. Part 2. Theoretical model. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2015. No 1. p. 47–52. (in Russian)

Сведения об авторах

Барбонов Евгений Олегович

магистрант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского университета, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, barbon93@mail.ru.

Бирюк Владимир Васильевич

д. т. н., профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского университета, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, teplotex_ssau@bk.ru.

Гайнуллин Марат Нягимович

магистрант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского университета, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, Gainyllin1992@yandex.ru.

Сотова Варвара Александровна

аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского университета, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, Varvara_sotova@mail.ru

Чертыковцев Павел Александрович

аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Самарского университета, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, p.a.chert@mail.ru.

Information about authors

Barbonov Evgeny Olegovich

graduate student of heat engineering and heat engines department, Samara University, 34, Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russia, barbon93@mail.ru.

Biryuk Vladimir Vasilievich

doctor of technical science, professor of department heat engineering and heat engines, Samara University, teplotex_ssau@bk.ru.

Gainullin Marat Niagimovich

graduate student of heat engineering and heat engines department, Samara University, 34, Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russia, Gainyllin1992@yandex.ru.

Sotova Varvara Aleksandrovna

post-graduate student of heat engineering and heat engines department, Samara University, 34, Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russia, Varvara_sotova@mail.ru.

Chertykovtsev Pavel Aleksandrovich

post-graduate student of heat engineering and heat engines department, Samara University, 34, Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russia, p.a.chert@mail.ru.

Требования к рукописям, представляемым в журнал «Вестник МАХ»

- В начале статьи, слева – УДК;
- После названия статьи – авторы с указанием места работы и контактной информации (e-mail);
- Одновременно со статьей представляется аннотация и ключевые слова на русском и английском языках.
- Аннотация должна содержать от 200 до 250 слов. **Аннотация должна быть полноценной и информативной, не содержать общих слов, отражать основной смысл статьи и результаты исследований, строго следовать структуре статьи.**
- статьи представляются набранными на компьютере в текстовом редакторе Word 97-2007 на одной стороне листа через 1,5 интервала, размер шрифта 14.
- объем статьи 12–15 страниц (формат А4, вертикальный, 210x297 мм); поля: левое - 2 см, правое - 2 см, верхнее – 2 см, нижнее - 2 см;
- иллюстрации представляются на магнитном носителе в следующем формате: растровые - TIFF-СМУК-300 dpi, TIFF-ВМ-800 dpi, векторные - EPS-СМУК4
- формулы и отдельные символы набираются с использованием редактора формул MathType (Microsoft Equation), не вставляя формулы из пакетов MathCad и MathLab.
- в статьях необходимо использовать Международную систему единиц (СИ);
- Список литературных источников должен быть оформлен по ГОСТу и содержать ссылки только на опубликованные работы. Номера ссылок в тексте должны идти строго по порядку их цитирования и заключаться в квадратные скобки. **Количество пристатейных ссылок не менее 20-25.**

Статьи, оформленные с нарушением правил, редакцией не принимаются и возвращаются авторам без рассмотрения по существу. Автор гарантирует отсутствие плагиата и иных форм неправомерного заимствования результатов других произведений.

Данные об аффилировании авторов (author affiliation).

На отдельной странице и отдельным файлом: – сведения об авторах на русском и английском языках: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, звания (звания в негосударственных академиях наук и почетные звания не указывать), должности основного места работы (учебы); наименование и почтовые адреса учреждений, в которых работают авторы, e-mail.

Статьи принимаются на магнитном носителе и в печатном экземпляре или высылаются на электронный адрес редакции vestnikmax@rambler.ru

Плата за публикации не взимается

Дополнительная информация для авторов на сайте <http://vestnikmax.com>