

ПАВЛОВ С.С.

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВХОДНОГО ПОТОКА ВОЗДУХА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ В ВИХРЕВЫХ ТРУБАХ

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных исследований - влияния давления входного потока газа на энергетическое разделение в вихревых трубах и оценена возможность получения максимальных отрицательных температур при минимальных энергетических затратах.

Ключевые слова: вихревая труба, вихревой эффект, дроссель, регулятор, термодатчик.

Pavlov S.S.

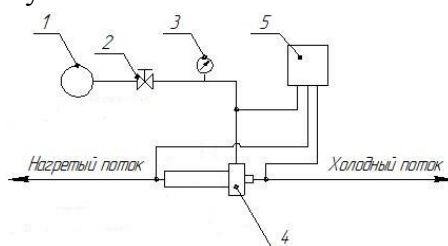
THE INFLUENCE OF PRESSURE INPUT STREAM OF AIR AT THE ENERGY DIVISION IN THE VORTEX TUBES

Annotation. The results of experimental investigations of the influence of pressure input stream gas on the energy division in the vortex tubes and assessed the possibility of obtaining maximum temperatures with minimal energy costs.

Keywords: vortex tube, vortex effect, a choke, a regulator, a temperature sensor.

Вихревые трубы широко используются для разделения газов на холодный и горячий потоки, для вакуумирования (как вакуум-насосы), для сепарации и т.д. При всей простоте конструкции и легкости использования, вихревые трубы имеют существенный недостаток – низкий КПД, поэтому исследования, направленные на поиск предельных показателей вихревых труб с целью уменьшения их энергетических затрат, весьма актуальны.

Экспериментальные исследования влияния давления входного потока газа на энергетическое разделение в вихревых трубах с целью оценки возможности получения максимальных отрицательных температур при минимальных энергетических затратах проводились на двух установках. В первой установке, схема которой приведена на рис. 1, использована только одна вихревая труба.

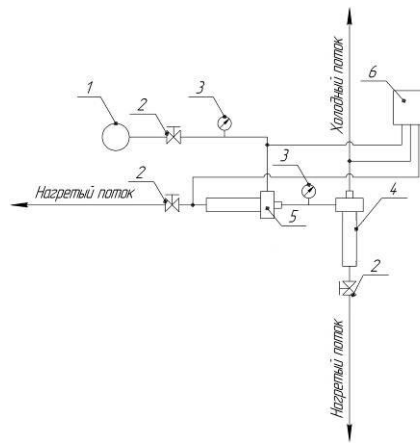


1 - компрессор, 2 - регулятор давления, 3 - манометр, 4 - вихревая труба,
5 – температурный регистратор.

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки с одной вихревой трубой.

В эксперименте варьировались входное давление, температура воздуха и степень открытия дросселя. Для определения наибольшего энергоразделения от вихревого эффекта с целью получения

максимальных отрицательных температур, использовалась ступенчатая схема соединения вихревых труб, представленная на рис. 2.

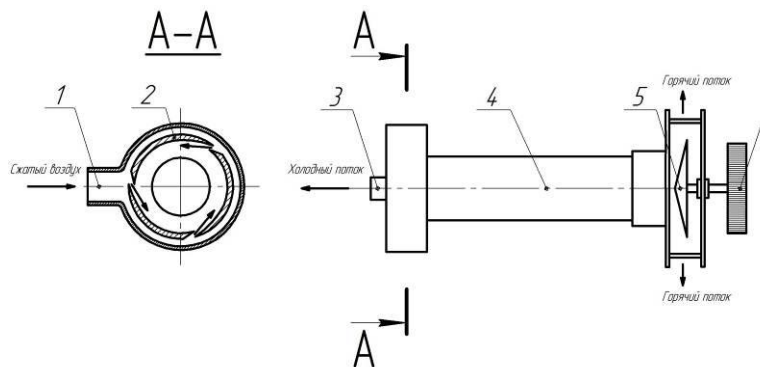


1 - компрессор, 2 - регулятор давления, 3 - манометр, 4 - вихревая труба-1, 5 – вихревая труба, 6 - температурный регистратор.

Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки с двумя трубами.

Установка собрана таким образом, что воздух под давлением подавался на вихревую трубу (5) выход холодного потока из которой являлся входом воздушного потока вихревой трубы с

рубашкой охлаждения (4). Конструктивное исполнение используемых вихревых труб представлено на рис. 3, а ее общий вид – на рис. 4.



1 – входной штуцер, 2 – завихритель, 3 – диафрагма (диаметр 8 мм), 4 – вихревая зона (диаметр 28 мм), 5 – дроссель, 6 – регулятор.

Рисунок 3 – Схема вихревой трубы



Рисунок 4 – Общий вид вихревой трубы

Описание методики проведения экспериментов приведено в работе [1]. Вихревая труба цилиндрической формы имела один вход и два выхода. Вход газа осуществлялся с помощью одного сопла прямоугольного поперечного сечения. При подаче газа при повышенном давлении в специальный завихритель образуется интенсивный закрученный поток. Приосевые слои газа (охлажденные) вытекают через диафрагму, а

периферийные (подогретые) - через дроссель. Расходы потоков регулируются дросселем, который меняет величину выходного сечения. Эффекты охлаждения и подогрева оцениваются по разности полных температур на входе и выходах вихревой трубы. Для подачи сжатого воздуха использовался компрессор мощностью 11 кВт и с расходом воздуха 1 м³/мин. Для измерения и регистрации температуры воздуха применялся прибор

серии “Термодат-16МЗ”, давление контролировалось манометром типа МПЗ-Уф.

При условии сохранения постоянным давления холодного потока за отверстием диафрагмы, с повышением давления входа растут эффект охлаждения и холодопроизводительность [2]. Для более общей оценки влияния давления на характеристики вихревой трубы вводят величину π – степень расширения газа в вихревой трубе, представляющей собой отношение входного давления P_1^* сжатого газа к давлению P_x в холодном потоке.

$$\pi = \frac{P_1^*}{P_x}$$

Здесь P_1^* – входное давление сжатого газа (атм), P_x – давление сжатого газа в холодном потоке (атм).

Хотя каждое из входящих в это выражение давлений влияет на

характеристики энергоразделения, основной определяющей величиной является степень расширения π газа. При неизменном π и снижении уровня давления P_1^* эффект охлаждения уменьшается, что объясняется снижением общего расхода сжатого воздуха.

Для общей оценки эффективности вихревых труб вместо температуры холодного потока t_x рассматривают величину эффекта охлаждения Δt_x , являющуюся основной для построения характеристик.

$$\Delta t_x = t_1^* - t_x$$

здесь t_1^* – температура входного потока сжатого газа (°C), t_x – температура выходного холодного потока (°C). Результаты экспериментов сведены в таблицах (табл. 1– для схемы на рис.1 и табл.2 – для схемы на рис.2) при температуре входного потока $t_1^* - 20$ °C.

Таблица 1. – Эффективность охлаждения и нагрева вихревой трубой

Входное давление, атм.	Эффект охлаждения, °C	
	ΔT_x	ΔT_r
2	30,15	2,55
3	33	8,37
4	38,22	2,98

Таблица 2.– Эффективность охлаждения и нагрева ступенчатой схемы соединения вихревых труб

Давление на входе, атм.		эффект охлаждения, °C		Максимальная температура потока, °C	
1й трубы	2й трубы	ΔT_x	ΔT_r	Холодного	Горячего
2	1,75	48,71	5,43	-25,8	40,1
3	1,5	49	10,11	-28,2	44,6
4	2,5	66,82	9,62	-45,9	43,7

Проведенные эксперименты показали, что эффект охлаждения возрастает с увеличением давления входного потока в вихревой трубе, что соответствует

литературным данным [2]. Ступенчатая схема соединения вихревых труб значительно повышает их КПД (рис. 5).

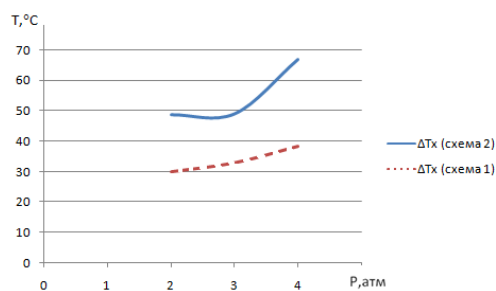


Рисунок 5 – Эффективность охлаждения ступенчатой схемы соединения труб

Рассматривая процессы взаимодействия вихрей, мы убеждаемся, что высокая температура периферийных слоев внешнего вихря позволяет легко отбирать от них тепло, чему в значительной степени способствуют высокие скорости турбулентного вихря, обеспечивающие большие значения коэффициента теплообмена. Достигнута минимальная температура холодного потока, равная -46 °C.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлов С.С. Исследование энергоразделения в однопоточной вихревой трубе // Наука в центральной России. – 2013. – № 1. – С. 100-107.
2. Меркулов А.П., Вихревой эффект и его применение в технике: Москва.: Из-во «Машиностроение», 1969. – 183 с.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Павлов Сергей Сергеевич, аспирант, ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии; 392022, Россия, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28

РЕЦЕНЗЕНТ

Акулинин Евгений Игоревич, к.т.н., доцент кафедры "Технологии продовольственных продуктов", начальник управления инновационной деятельности ФГБОУ ВПО "ТГТУ".