

## ABSTRACT

*In this thesis try was done to find an optimum design and arrangement of a vortex tube with a divergent chamber which can be used as a cooling device of maximum efficiency that would supply air at large temperature drop, by changing the tube parameter.*

*The experimental investigation was carried out on a divergent vortex tube rig especially designed for the present study covering all tests.*

*Experimental work was carried out on the divergent vortex tube by changing the angle of divergence, with the ranges ( $\theta^\circ = 1.72, 2.29, \text{ and } 4.01$ ) with diameters (20 mm, 30 mm) and changing the ratio ( $L/D$ ) with ranges (10, 15, 19.33, and 23). Consequently the study of energy separation performance of seventh vortex tubes was carried out.*

*The effect of different cold outlet diameters ( $d_c = 10 \text{ mm}, d_c = 12 \text{ mm}, \text{ and } d_c = 14 \text{ mm}$ ) and different outlet nozzle diameters ( $d_n = 4 \text{ mm}, d_n = 5 \text{ mm}, \text{ and } d_n = 6.5 \text{ mm}$ ) on the performance of the vortex tube is described by using one nozzle or two nozzles by varying the pressure of the inlet air and cold air mass ratio ( $\mu_c$ ) within the ranges ( $P_{i \text{ abs}} = 2 - 7 \text{ bar}$ ) and ( $\mu_c = 0 - 1$ ).*

*Experimental study the effect of insulation on the performance is described, the cold air temperature increase for well insulated vortex tube especially in the region of the minimum cold air mass ratio.*

*Experimental data obtained in these vortex chambers were compared with those on straight vortex chambers. Observation indicates that a divergent tube with a small angle of divergence ( $\theta^\circ = 1.72$ ) is effective in obtaining a higher temperature separation and makes possible a shortening of the chamber length.*

*The experimental results show that optimum design of divergent vortex chamber that gives a high-energy separation is:  $\theta^\circ = 1.72, d_n = 6.5 \text{ mm}$ ,*

$d_c=14$  mm, number of nozzles = 2, angle of cone value =  $30^\circ$ ,  $D = 20$  mm, and  $(\frac{L}{D} = 23)$ .

The results show a pronounced influence of divergent vortex tube No.2 ( $\theta=1.72$ ,  $L= 460$  mm), on the energy separation performance, i.e the highest temperature of the hot air stream and the lowest temperature of the cold air stream reach ( $88^\circ\text{C}$ ) at ( $\mu_c = 0.812$ ) and ( $-41.3^\circ\text{C}$ ) at ( $\mu_c = 0.303$ ) respectively.

The experimental study predicts three empirical results between the outlet nozzle diameter ( $d_n$ ), cold outlet diameter ( $d_c$ ), number of nozzles ( $N$ ), inside vortex tube diameter ( $D$ ), length of vortex tube ( $L$ ) as:

$$\left. \begin{array}{ll} \frac{Nd_n^2}{D^2} = 0.105 & N=1 \\ \frac{Nd_n^2}{D^2} = 0.211 & N=2 \end{array} \right\} \dots(A)$$

$$\frac{d_c^2}{Nd_n} = 2.3 \quad (N=1, N=2) \quad \dots(B)$$

$$L=23 D \quad (N=1, N=2) \quad \dots(C)$$

The above equations give the optimum design divergent vortex tube and high separation energy.

Two new empirical relations for the prediction of the temperatures of the cold and hot air of different divergent vortex tubes being geometrically similar to each other are presented. The correlations are in good agreement with experimental results.

Moreover, similarity relation of geometrical similar divergent vortex tubes obtained from the dimensional analysis and confirmed by experimental work is presented.

# الخلاصة

تم في هذا البحث تصميم وتصنيع امثل للأنبوب الدوامي المنفرج ذات زوايا انفراج مختلفة بطاقة فصل عالية.

أنجزت التجارب من خلال بناء جهاز متكامل للأنابيب الدوامة المنفرجة والمستقيمة، صمم وصنع خصيصا لهذه الدراسة حيث غطى جميع التجارب.

تمت دراسة تأثير تغير زوايا الانفراج ( $0^\circ, 1.72^\circ, 2.29^\circ, 4.01^\circ$ ) على أداء الأنبوب الدوامي مع قطر الأنبوب ( $D = 20 \text{ mm}, 30 \text{ mm}$ ) ونسبة الطول إلى القطر ( $L/D$ ) ضمن المدى ( $10, 15, 19.33, 23$ ) وبهذا تم دراسة أداء فصل الطاقة لسبعة أنواع من الأنابيب الدوامة المنفرجة والمستقيمة.

كما تمت دراسة تأثير تغير قطر الأنبوب الخارجي للبارد ( $d_c = 10 \text{ mm}, 12 \text{ mm}, 14 \text{ mm}$ ) مع تغير القطر الداخلي للمنفتحات ( $d_n = 4 \text{ mm}, 5 \text{ mm}, 6.5 \text{ mm}$ ) وذلك باستخدام عدد المنفتحات = 1 وعدد المنفتحات = 2 على أداء الأنبوب الدوامي. تغير الضغط المطلق للهواء الداخل ونسبة كتل الهواء البارد إلى الهواء الداخل ( $\mu_c$ ) ضمن المدايات (2 - 7) بار و ( $\mu_c = 0 - 1$ ). تمت دراسة تأثير العازل الحراري على أداء الأنبوب الدوامي حيث ازدادت درجة حرارة الهواء البارد للأنبوب الدوامي المعزول بشكل جيد خاصة في المنطقة التي فيها انخفاض في نسبة كتلة الهواء البارد إلى الهواء الداخل.

النتائج العملية أظهرت إن الأنابيب الدوامة المنفرجة ذات زوايا انفراج صغيرة ( $\theta = 1.72^\circ$ ) والتي تم مقارنتها مع الأنابيب الدوامة المستقيمة تعطي طاقة فصل أعلى وهذا يعني انه يمكن تقصير طول الأنبوب الدوامي دون فقد في طاقة الفصل.

أظهرت كذلك النتائج العملية بان التصميم الأمثل للأنبوب الدوامي المنفرج الذي أعطى أعلى كفاءة فصل للطاقة ( $\theta = 1.72^\circ, d_n = 6.5 \text{ mm}, d_c = 14 \text{ mm}$ )، عدد المنفتحات = 2، زاوية الصمام المخروطي =  $30^\circ$ ، قطر الداخلي للأنبوب الدوامي  $D = 20 \text{ mm}$ ، ( $L/D = 23$ ).

بينت النتائج تأثير واضح للأنبوب الدوامي المنفرج رقم (2) ( $\theta = 1.72^\circ$ )، (طول الأنبوب  $L = 460 \text{ mm}$ ) على أداء فصل الطاقة حيث أن أعلى درجة حرارة لتيار الهواء الساخن و اوطى درجة حرارة لتيار الهواء البارد وصلت إلى (88) درجة مئوية عند نسبة كتلته الهواء البارد إلى هواء الداخل ( $\mu_c = 0.812$ ) و ( $-41.3$ ) درجة مئوية عند ( $\mu_c = 0.303$ ) على التعاقب.