

## دراسة التدفق في الناشر الحلقي ذي نوى مئمن الزوايا مع قضبان تثبيت للنواة

الدكتور يوسف ياخور \*

(قبل للنشر في 2003/2/8)

### □ الملخص □

النواشر هي أجهزة مخصصة لتهدئة سرعة الجريان، وهي تتميز بتزايد مساحة المقطع الذي تقدمه في أثناء مرور المائع في اتجاه الجريان. إن عملنا يهدف إلى دراسة الجريان في ناشر أسطواني مع مثبتات داخلية للنواة في نهاية عنفة بخارية وذلك بهدف تحسين مواصفاته وبهدف الحصول على نتائج جيدة. اتجهنا إلى إجراء قياسات للسرعة وقيمة الاضطراب عند مدخل ومخرج الناشر. بنيت النتيجة على مقارنة النتائج المختلفة مع ما نحصل عليه باستخدام الحساب الرقمي في دراسة النواشر.

---

\*أستاذ مساعد في قسم القوى الميكانيكية -كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Étude De L'écoulement Dans Un Diffuseur Annulaire Octogonal Avec Des Moyeux Et Tirants Pour Fixer Ces Moyeux

Dr. Youssef Yakhour \*

(Accepted 8/2/2003)

### □ Résumé □

Les diffuseurs sont des appareils destinés à ralentir les vitesses d'écoulement. Ils se caractérisent donc par une augmentation de la surface offerte au passage du fluide dans le sens de l'écoulement.

Notre travail a pour objectif d'étudier l'écoulement dans un diffuseur annulaire avec tirant à l'aval d'une turbine à vapeur en vue d'en améliorer les performances.

Afin de pouvoir obtenir de bons résultats, nous avons été amenés à effectuer des mesures de profils de vitesses et de taux de turbulence à l'entrée et à la sortie du diffuseur.

La conclusion est basée sur la comparaison des différents résultats et les enseignements que l'on peut en tirer pour l'utilisation du calcul numérique dans l'étude des diffuseurs.

---

\* Professeur Assistant Dans Le Département Du Pouvoir Mécanique –Faculté De Génie Mécanique Et Electrique –Université Tichrine –Lattaquié – SYRIE

الجدول (1) يبين الرموز والتسميات ووحداتها الدولية المستخدمة في البحث.

طول الناشر الأسطواني	$L$	m	السرعة المحورية	$u$	m/sec
الطول الوسطي للناشر الأسطواني	$\bar{L}$	m	السرعة المماسية	$w$	m/sec
الطول الداخلي للناشر الأسطواني	$L_1$	m	السرعة القطرية	$v$	m/sec
الطول الخارجي للناشر الأسطواني	$L_0$	m	السرعة الكلية	$v_t$	m/sec
معامل ضياع الضغط الكلي للناشر	$K$		معامل الأسترجاع	$c_p$	
عدد سويرل	$S$		السرعة المحورية الوسطية عند مدخل الناشر	$u_1$	m/sec
عامل القدرة عند مخرج الناشر	$a_2$		الضغط الاستاتيكي الوسطي عند مدخل الناشر	$p_1$	N/m <sup>2</sup>
رقم رينولدز	$R_e$		الضغط الاستاتيكي الوسطي عند مخرج الناشر	$p_2$	N/m <sup>2</sup>
كثافة الاضطراب	$T_u$	%	الكتلة الحجمية للمائع الجاري	$\rho$	Kg/m <sup>3</sup>
الكثافة الوسطى للاضطراب	$\bar{T}_u$	%	الضغط الكلي عند مدخل الناشر	$p_{t1}$	N/m <sup>2</sup>
زاوية سويرل	$a$	(°)	معامل استرجاع الضغط الأستاتيكي المرجعي للسرعة المحورية عند مدخل الناشر	$c_{pu}$	
معامل استرجاع الضغط الاستاتيكي المرجعي للسرعة الكلية عند مدخل الناشر وللضغوط الاستاتيكية الوسطى عند الجدار الداخلي للناشر	$c_{pww}$		معامل استرجاع الضغط الاستاتيكي المرجعي للسرعة المحورية عند مدخل الناشر وللضغوط الاستاتيكية الوسطى عند الجدار الداخلي للناشر	$c_{pwu}$	
الزاوية بين السطح الخارجي للناشر الأسطواني مع محوره	$F_o$	(°)	معامل استرجاع الضغط الأستاتيكي المرجعي للسرعة الكلية عند مدخل الناشر	$c_{pv}$	
الزاوية المرجعية لسويرل عند مخرج العنفة	$a_{tur}$	(°)	الزاوية النظرية لجريان المائع عند المخرج	$a_{2t}$	(°)
الزاوية المرجعية لسويرل عند مدخل الناشر	$a_1$	(°)	المسافة القطرية للسطح الخارجي للناشر عند محور الناشر	$R_o$	m
المسافة القطرية المقاسة اعتباراً من محور الناشر	$R$	m	المسافة القطرية للسطح الداخلي للناشر (بعد سطح النواة عن محور الناشر)	$R_1$	m

## مقدمة :

النواشر هي أجهزة مخصصة لتخفيف سرعة التدفق، وتتميز بتزايد المساحة المقدمة لمرور السائل في اتجاه الجريان.

يمكننا الحصول على هذا التزايد في المقطع باستخدام أنابيب بسيطة متباعدة والأجهزة الملائمة تسمى ناشر مخروطي. لكننا صناعياً وبخاصة في مجال العنفات البخارية نجبر على استخدام نواشر ذات نوى مركزية، هذه النواشر تسمى النواشر الحلقية وتتواجد بشكل خاص في منشآت الآلات العنقية عند مخرج العنفة مع دور أساسي لها وهو تحويل الطاقة الحركية للبخار إلى طاقة ضغط، يترافق هذا التحويل الأساسي للطاقة مع ضياع قسم منها، ولهذا يقدم المصممون عدداً من النواشر ذات النوى بأشكال مختلفة. مثلاً: ناشر محوري متبوع بنواة مخروطية متناهية ، مع العلم أن التدفق يصطدم بحواجز داخلية مثل قضبان التثبيت للنواة التي تؤثر بشكل أو بآخر على الجريان.

## الهدف من البحث :

إن هدف بحثنا هذا هو دراسة التدفق في ناشر حلقي ذي نوى مثنى الزوايا مع قضبان تثبيت للنواة.

## دراسة مرجعية:

إن هذه الفقرة مخصصة لإعطاء فكرة سريعة عن بعض الدراسات التي أجريت بالنسبة للنواشر ذات الأشكال المختلفة والمستعملة في مخارج العنفات البخارية، وسنبين بعضاً منها بعد إعطاء فكرة سريعة عن الجريان الدوامي لفهم الجريان في النواشر

أ- الجريان الدوامي:

يمثل الجريان الدوامي ليس فقط السرعة المحورية أو الوسطية  $\vec{u}$  لكن أيضاً السرعة المماسية  $\vec{w}$ . تصنع السرعة الكلية  $\vec{v}_t = \vec{u} + \vec{w}$  زاوية تسمى بزواوية سويرل والمحددة بالعلاقة:

$$\tan a = \frac{w}{u}$$

كما هو مبين في الشكل (1).

يفضل بعض الكتاب أخذ السرعة الكلية عند المدخل  $\vec{v}_t$

يحدد عامل الاسترجاع بالاستناد إلى السرعة المحورية عند المدخل بالعلاقة :

$$C_{pu} = \frac{p_2 - p_1}{\frac{r}{2} u_1^2}$$

كما يحدد عامل الاسترجاع بالاستناد إلى السرعة الكلية عند المدخل بالعلاقة :

$$C_{pv} = \frac{\bar{p}_2 - \bar{p}_1}{\bar{p}_{t1} - \bar{p}_1} = \frac{\bar{p}_2 - \bar{p}_1}{\frac{r}{2} \bar{V}_{t1}^2}$$

إن الضغوط الستاتيكية الوسطى عند المدخل والمخرج هي ضغوط مقاسة عند الجدار :

$$\overline{p_1} = \overline{p_{1w}} \quad \text{و} \quad \overline{p_2} = \overline{p_{2w}}$$

$$c_{p_{wu}} = \frac{\overline{p_{2w}} - \overline{p_{1w}}}{\frac{\rho}{2} u_1^2}, \quad c_{p_{wv}} = \frac{\overline{p_{2w}} - \overline{p_{1w}}}{\frac{\rho}{2} V_{t1}^2} \quad \text{وأخيراً:}$$

$$c_{p_{wu}} > c_{p_{wv}} \quad \text{و} \quad c_{pv} > c_{pu} \quad \text{ويشكل عام:}$$

إن مردود الناشر مع خروج حر وجريان دوامي حر (  $\overline{r.w} = \text{const}$  ) [ 1 ] يمكن أن يكتب بالعلاقة :

$$h = \frac{\frac{\rho}{2} \frac{1}{\cos^2 a_1} \frac{\dot{\theta}}{\theta} + C_p}{\frac{1}{\cos^2 a_1} - \frac{1}{\cos^2 a_{2r}} \frac{\rho A_1 \dot{\theta}^2}{\rho A_2 \theta}}$$

حيث :  $\overline{a_1}$  هي الزاوية الوسطى لسويرل عند المدخل والمعطاة بالعلاقة :  $\tan \overline{a_1} = \frac{\overline{w_1}}{u_1}$

و  $\overline{a_{2t}}$  هي الزاوية النظرية للجريان عند المخرج والتي تكون قد حصلنا عليها في حال كان سير الجريان في الناشر ثابتاً.

باستخدام العلاقات التالية:

$$\overline{r.w} = \text{const}, \quad \overline{U.A} = \text{const}, \quad \tan \overline{a} = \frac{\overline{W}}{U}$$

يمكننا أن نكتب:

$$\tan \overline{a_{2t}} = \tan \overline{a_1} \cdot \frac{\overline{r_{s1}}}{\overline{r_{s2}}} \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

حيث  $\overline{r_{s1}}$  و  $\overline{r_{s2}}$  هي أنصاف أقطار الدوائر التي تفصل مقاطع المدخل والمخرج لناشر على سطحين متشابهين.

$$\overline{r_s} = \frac{\rho (R_0^2 + R_1^2)}{\rho} \frac{\dot{\theta}^{0.5}}{2 \theta}$$

حيث  $R_0$  و  $R_1$  هي على التوالي أنصاف الأقطار الخارجية والداخلية لناشر أسطواني.

يمكننا أن نلاحظ أنه لو كان الجريان دون زاوية سويرل عند المدخل (  $\overline{a_1} = \overline{a_{2t}} = 0^0$  )، تصبح علاقة المردود

بالشكل :

$$h = \frac{C_p}{C_{pi}} = \frac{C_p}{1 - \frac{\rho A_1 \dot{\theta}^2}{\rho A_2 \theta}}$$

إن معامل الاسترجاع المثالي للضغط من أجل جريان دوامي مضطرب في ناشر أسطواني [2] يعطى بالعلاقة :

$$C_{pi} = 1 - \frac{\frac{\partial A_1}{\partial \theta} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}}{\frac{\partial A_2}{\partial \theta} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}} + \tan^2 \alpha_1 \frac{\frac{\partial}{\partial \theta}}{\frac{\partial}{\partial \theta}} - \frac{r_1}{r_2} \frac{\frac{\partial^2}{\partial \theta^2}}{\frac{\partial^2}{\partial \theta^2}}$$

حيث  $\bar{r}_1$  و  $\bar{r}_2$  هي أنصاف أقطار متوسطة لمقاطع الدخول والخروج للناشر :

$$\bar{r} = (R_o + R_i)/2$$

يمكننا أن نلاحظ بأن التزايد في المقطع لمرور المائع عند الخروج هو المسؤول عن استرجاع الضغط، وكذلك يمكن لسويزل أن يسبب مشاركة غير مهمة لهذا الاسترجاع، حتى بغياب اختلاف السطوح.

ب - الناشر الحلقي ذو القبة المتباعدة :

لقد أعطى سوفران وكولمب [3] عامل استرجاع الضغط للناشر ذات السطح الأملس (الشكل 2) كنسبة المساحتين  $\frac{A_2}{A_1}$  والطول اللابعد للناشر  $\frac{\bar{L}}{DR_i}$ . حيث حددا طول الوسطي للناشر  $\bar{L}$  وكذلك  $\Delta R1$  للناشر

$$\bar{L} = (L_i + L_o)/2 \quad \text{بالعلاقات:}$$

$$\Delta R1 = R_o - R_i$$

وقد أظهرنا أن النواشر الحلقيّة التي زواياها تتراوح بين ( $30^\circ - 5^\circ$ ) ونسبة أقطار المدخل  $\frac{R_i}{R_o}$  تتراوح بين

(0,55-0,70) ممكن أن تنطبق عليها العلاقاتان السابقتان كلياً. وقد بينا أيضاً بأن الشكل الهندسي لهذه النواشر يجعل تأثير الطبقة الحدية وعدم تجانس السرعة عند المدخل على مميزات الناشر ضعيفاً ويمكن ضبطه بوضع نواة ما عند المدخل.

ج- النواشر الأسطوانية المستخدمة في العنفات : [4], [5]

إن هذه النواشر هي غالباً ما توضع عند مخرج العنفة وفي مجالات استخدام كثيرة، مثلاً في محركات الطائرات حيث توضع هذه النواشر غالباً خلف الضواغط. إن الجريان في هذه النواشر يظهر وجود مركبة مماسية وكذلك اضطراباً شديداً إضافة إلى ذلك تظهر مركبة دورية تنتج عن وجود الآلة العنقية في المقدمة وهذه النواشر تستخدم أحياناً في مؤخرة أنبوب أسطواني أو حتى مقدمة مروحة، والجريان في المدخل في هذه الحالة هو أكثر استقراراً ويمكن أن لا توجد مركبة مماسية للسرعة ويمكن أن يكون اضطراب الجريان منخفضاً.

إن مميزات النواشر تتأثر بشكل قوي بما هو موضوع في المقدمة أمام الناشر وما يهمنا في بحثنا هذا هو عندما يكون الناشر مسبقاً بعنفة، لذلك سندرس مقارنة بين ناشر مسبق بعنفة وآخر مسبق بأنبوب.

## عامل استرجاع الضغط للناشر:

إن مقارنة استرجاع الضغط الحاصلة عند مخرج الناشر في حال وجود أنبوب أو عنفة أمام الناشر يبين أن قيمة العامل  $C_p$  تكون أعلى عندما يوضع الناشر في مؤخرة العنفة [6] (zierer)، كما في الشكل (3). إن استرجاع الضغط الجيد يعود إلى الخليط الكبير في الاضطراب والذي يؤدي إلى تجمع نقاط الانفصال في الجريان ضمن الناشر. علماً أن  $AR$  تمثل العلاقة بين هواء الخروج وهواء الدخول انناشر أسطواني  $(A_2/A_1)$  وتساوي :

$$AR = 1 + 2 \frac{L.R_0.Tanf_0}{R_0^2 - R_1^2} + \frac{L^2.Tanf_0^2}{R_0^2 - R_1^2}$$

## عامل ضياع الضغط الكلي في الناشر:

إن هبوط الضغط الكلي يتعلق بشكل الناشر وهو يتبع تزايد المقطع وكذلك توزع السرعة القطري عند مدخل الناشر وكذلك الضياع الناتج عن خطوط التيار في مؤخرة العنفة. ففي تجارب (Zierer,1993) [6] تبين أن أقل ضياع في الضغط الكلي يحصل عند نسب صغيرة لمقاطع المساحات (بين مخرج العنفة ومخرج الناشر) لأن تناقص سرعة الجريان منخفض. وهذا الضياع يكون من مرتبة (5%-14%) من الضغط الديناميكي عند مدخل الناشر وذلك حسب شروط العمل ونسبة المقاطع. إن  $K(1-C_p)$  هي عادة محصورة بين (0,1-0,3) وذلك بسبب الانتشار غير الكافي للجريان. وعند نسب مساحات صغيرة فإن عامل القدرة عند مخرج الناشر  $a_2$  يتناقص وهذا التناقص يكون مصحوباً بتزايد موافق في السرعة الوسطى  $\bar{U}_2$ . عند نسب مساحات كبيرة فإن سبب الانتشار غير الكافي هو التوزيع الغير منتظم للسرعة عند مخرج الناشر.

## الدراسات التجريبية :

نعالج هنا تجريبياً هذا العمل بشكل خاص لقياس تغير السرعات وحساب الغزارة. والهدف هو معرفة معطيات الاضطراب مستخدمين نماذج لجريانات مضطربة. كما سنقدم وصفا لناشر حلقي مع الجهاز الذي استخدمه والنتائج المحصول عليها.

## وصف التجهيزات:

تتألف المنشأة من طاولة تجريب عليها ناشر حلقي (الشكل 4)، ويلاحظ من الشكل أن الناشر مثنى الزوايا ذو نواة مركزية. يتم قياس الضغوط باستخدام مآخذ للضغط وقياس درجات الحرارة باستخدام مسابر للحرارة

## نتائج القياسات :

إن قياس السرعة في مقاطع الدخول والخروج للناشر تم إجراؤها. ولو كان هناك مسبار للشريط الساخن لأمكن الحصول على مركبات السرعة وكذلك تموجاتها ولهذا تمت الاستفادة من بعض المراجع للمقارنة. نتائج هذه السرعة نسبت إلى السرعة الوسطى المحورية  $\bar{U}_1$  عند مدخل الناشر وقد تمت الدراسة على جريان محوري. -جريان محوري تقريباً  $\bar{a} = 0$  ;  $\bar{a}_{tur} = 90^\circ$  :

إن قياس السرعة في مقاطع الدخول والخروج للناشر سيتم تقديمها في الفقرتين اللاحقتين أ وب. إن هذه النتائج للسرعة حولت إلى شكل لا بعدي بالاستعانة بالسرعة الوسطى المحورية  $\bar{U}_1$  كسرعة مرجعية عند مدخل الناشر، بينما المسافة القطرية المقاسة اعتباراً من السطح الداخلي (R-Ri) تم تحويلها إلى صورة لا بعدية باستخدام المسافة القطرية بين السطح الخارجي والداخلي (Ro-Ri). إن أنصاف الأقطار الخارجية والداخلية للناشر عند المدخل  $R_o, R_i$  هي بالتتالي 0,06885m و 0,14m. إن رقم رينولدز المحسوب على السرعة الوسطى المحورية عند المدخل  $\bar{U}_1$  والقطر الهيدروليكي  $2\Delta R_1 = 2(R_o-R_i)$  هو :

$$Re = \bar{U}_1 \cdot 2\Delta R_1 / \nu = 5,97 \cdot 10^5$$

أ- المستوى A (مخرج العنفة ومدخل الناشر) :

يبين الشكل (5) التوزيع القطري للمركبات المحورية والقطرية والمماسية لسرعة الدخول إلى الناشر. إن بروفيل السرعة المحورية يظهر قيمتين أعظمتين قرب الجدار الداخلي والخارجي. إن السرعة المماسية W المبينة في الشكل (5) تزداد نحو السطح الخارجي للناشر أما السرعة القطرية V (الشكل 5) لها نفس التوجه الذي تتحاه السرعة المماسية W بمعنى أنها أكبر قرب الجدار الخارجي. وإن زاوية الناشر المستخدم ( $\theta = 23^\circ$ ) لها تأثير مهم على عامل القدرة الحركية وبالنتيجة على ضياع الحمولة الناتج عن قضبان تثبيت النواة.

إن التوزيع القطري لتموجات السرعة المضطربة  $\sqrt{w^2}$ ،  $\sqrt{v^2}$ ،  $\sqrt{u^2}$  مبينة في الشكل (6) ويبين الشكل (7) تحولات زاوية سويرل (a) كتابع للمسافة القطرية اللابعدية، فنلاحظ أنها تقترب من الصفر عند السطح الخارجي للناشر.

ويبين الشكل (8) كثافة الاضطراب  $T_u$ ، فنلاحظ هنا تزايد بكمية الاضطراب نحو الجدار الخارجي للنواة وكذلك تزايد أكثر أهمية قرب السطح الخارجي للناشر بوضوح. إن تطور الكثافة الوسطى للاضطراب  $T_u = \frac{1}{A} \int \dot{\sigma} dA$ . عند المدخل تعطي قيمة  $\bar{T}_u = 5,5\%$ . وهي قيمة هامة بالمقارنة مع النتائج الأخرى التي حصلنا عليها في المراجع التي تطرقت لمثل هذا الموضوع.

إن مركبات السرعة تم تحليلها بالاعتماد على طريقة المجموع الوسطي. وبشكل عام إن النتائج التجريبية لكثافة الاضطراب هي متوافقة مع القياسات الأخرى التي أجريت في مؤخرة العنفة.

ب- المستوى E مخرج الناشر المحوري :

حسب نتائج القياس عند مدخل الناشر نلاحظ أن نقصان السرعة والمركبات الأخرى تكون كبيرة. أما مخطط السرعة المحورية والقطرية والمماسية عند مخرج الناشر هي مبينة على الشكل (9). من مخطط السرعة المحورية نلاحظ وجود رأس حاد ومنطقة عودة للسرعة ( $U < 0$  m/sec) قرب السطح الداخلي  $\frac{(R - R_i)}{(R_o - R_i)} < 0,25$ . هذا الرأس الحاد ينتج عن أن السرعة ستعود لأخذ قيم موجبة. عدم التوافق هذا في مخطط

السرعة المحورية يزيد عامل القدرة الحركية عند مخرج الناشر  $a_2$  ويقلل من استرجاع الضغط. إن القياسات في منطقة انفصال خطوط التيار هي صعبة جداً لأن الجريان يتموج كثيراً. ويمكن أن تعطي نتائج مغلوطة كما بين [7] (Ozcan, 1995).

إن درجة سويرل ممكن أن تحدد بعدد سويرل (s) الذي هو عدد لابيدي يمثل التدفق المحوري لكمية الحركة الزاوية مقسومة على التدفق المحوري لكمية الحركة المحورية وعلى نصف قطر الأنبوب المكافئ ومن أجل ناشر محوري فإن عدد سويرل يعطى بالعلاقة :

$$s = \frac{1}{R_o} \cdot \frac{\int_{R_i}^{R_o} \dot{\sigma} \cdot u \cdot w \cdot r^2 \cdot dr}{\int_{R_i}^{R_o} \dot{\sigma} \cdot u^2 \cdot r \cdot dr}$$

إن التوزيع القطري لتموجات سرعة الاضطراب  $\sqrt{w'}$ ،  $\sqrt{v'}$ ،  $\sqrt{u'}$  مبين على الشكل (10) .  
 إن التوزيع القطري للزاوية  $\alpha$  ممثل في الشكل (11). من أجل زاوية سويرل Swirl المرجعية (a) فإن تأثير سويرل ضئيل لأن القيم المطلقة للزاوية الوسطى لسويرل ولعدد سويرل هي أقل بكثير منها عند مدخل الناشر  $\alpha = -7,3^\circ$  (عند المدخل  $\alpha = -11^\circ$ ) و  $S = -0,08$  (عند المدخل  $S = -0,152$ ).  
 وكذلك كثافة الاضطراب Tu مبينة على الشكل (12). إن هذه التموجات لسرعة الاضطراب تتغير بشكل كبير وإن قيماً صغيرة لوحظت في مناطق انفصال خطوط التيار قرب السطح الداخلي.  
 من جهة أخرى فإن مخطط كثافة الاضطراب يظهر اضطراباً عالياً في هذا المقطع  $\overline{T_u} = 15,5\%$  (عند المدخل  $\overline{T_u} = 5,5\%$ ).

## نتائج وتوصيات :

إن نتائج القياسات الجارية وتحليل هذه النتائج عددياً تم تقديمها من خلال الأشكال المرفقة عند مدخل ومخرج الناشر. وإن تحولات السرعة تم تحليلها بطريقة متوسط المجموع. بشكل عام فإن النتائج التجريبية لكثافة الاضطراب هي ذات توافق جيد مع القياسات الأخرى التي أجريت في مؤخرة ضاغط أو عنفة. إن استخدام مسبرين لقياس الجريان غير المستقر وثلاثي البعد يشكل صعوبة وإمكانية خطأ في القياس ولتلافي هذه الأخطاء كان من المفضل استخدام مسبر ذو ثلاثة خيوط ساخنة والذي يسمح أنياً بقياس المركبات الثلاثة للسرعة

الجدول (2) يبين نتائج القياسات التي أجريت لإيجاد التوزيع القطري لمركبات السرعة الوسطى عند مدخل ناشر محوري (الشكل 5)

0.958	0.916	0.875	0.833	0.75	0.708	0.666	0.604	0.458	0.5	0.458	0.395	0.354	0.333	0.25	0.187	0.125	0.0833	$\frac{R - R_1}{R_0 - R_1}$
0.53	0.82	1.12	1.2	1.1	1	1.02	1.05	1.053	1.066	1.11	1.12	1.166	1.2	1.266	1.32	1.33	1.4	$\frac{u}{u_1}$
0.72	0.633	0.466	0.413	0.366	0.333	0.32	0.2	0.233	0.206	0.206	0.206	0.2	0.193	0.166	0.133	0.126	0.133	$\frac{v}{u_1}$
0.066	0.133	0.066	0.073	0	0.133	-0.29	0.266	-0.3	-0.39	-0.4	-0.42	-0.42	-0.47	-0.46	-0.42	-0.4	-0.4	$\frac{w}{u_1}$

الجدول (3) يبين نتائج القياسات التي أجريت لإيجاد التوزيع القطري للسرعة لتموج الاضطراب عند مدخل ناشر محوري (الشكل 6)

0.958	0.916	0.875	0.833	0.75	0.708	0.666	0.604	0.458	0.5	0.458	0.395	0.354	0.333	0.25	0.187	0.125	0.0833	$\frac{R - R_1}{R_0 - R_1}$
0.044	0.102	0.126	0.108	0.102	0.08	0.0652	0.06	0.056	0.052	0.044	0.042	0.04	0.038	0.034	0.047	0.0572	0.06	$\frac{\sqrt{u^2}}{u_1}$
0.128	0.1	0.088	0.084	0.081	0.0804	0.08	0.07	0.068	0.066	0.066	0.0648	0.064	0.0612	0.06	0.056	0.072	0.07	$\frac{\sqrt{v^2}}{u_1}$
0.0176	0.074	0.076	0.1	0.092	0.06	0.054	0.0496	0.0488	0.048	0.047	0.046	0.042	0.04	0.044	0.048	0.06	0.056	$\frac{\sqrt{w^2}}{u_1}$

الجدول (4) يبين نتائج القياسات التي أجريت لإيجاد التوزع القطري للزاوية  $\alpha$  عند مدخل ناشر محوري (الشكل 7)

0.958	0.916	0.875	0.833	0.75	0.708	0.666	0.604	0.458	0.5	0.458	0.395	0.354	0.333	0.25	0.187	0.125	0.0833	$\frac{R - R_1}{R_0 - R_1}$
4.285	8.571	2.571	2.857	0	8.571	12.857	14.28	-15.4	20	20.857	20.857	20.857	20.857	-20	18.571	15.71	-15.71	$\alpha^\circ$

الجدول (5) يبين نتائج القياسات التي أجريت لإيجاد التوزع القطري لكثافة الاضطراب عند مدخل ناشر محوري (الشكل 8)

0.958	0.916	0.875	0.833	0.75	0.708	0.666	0.604	0.458	0.5	0.458	0.395	0.354	0.333	0.25	0.187	0.125	0.0833	$\frac{R - R_1}{R_0 - R_1}$
6.545	7.381	8.11	8	7.636	6	5.454	5.09	4.727	4.69	4.181	4.363	4	3.636	4	4.363	5.454	5.091	Tu %

الجدول (6) يبين نتائج القياسات التي أجريت لإيجاد التوزع القطري لمركبات السرعة الوسطى عند مخرج ناشر محوري (الشكل 9)

0.982	0.979	0.976	0.973	0.97	0.967	0.964	0.961	0.958	0.916	0.875	0.833	0.75	0.708	0.666	0.604	0.458	0.500	0.458	0.395	0.354	0.333	0.250	0.1875	0.125	0.0833	$\frac{R - R_1}{R_0 - R_1}$	
0.16	0.2	0.24	0.24	0.36	0.38	0.44	0.6	0.64	0.652	0.64	0.6	0.54	0.52	0.46	0.44	0.2	0.1	0.08	0.082	0.08	0.08	-0.06	-0.045	-0.04	-0.04	$\frac{u}{u_1}$	
-0.04	-0.08	-0.11	-0.12	-0.2	-0.18	-0.3	-0.32	-0.41	-0.42	-0.42	-0.32	-0.3	-0.24	-0.18	-0.2	-0.08	-0.04	-0.04	-0.04	-0.02	-0.02	0	0	0.036	0.04	$\frac{v}{u_1}$	
0.06	0.06	-0.06	-0.06	0.032	-0.06	-0.06	-0.08	0.064	0.064	-0.08	-0.06	0.06	-0.04	-0.04	-0.04	-0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{w}{u_1}$

الجدول (7) يبين نتائج القياسات التي أجريت لإيجاد التوزيع القطري لسرعة الاضطراب عند مخرج ناشر محوري (الشكل 10)

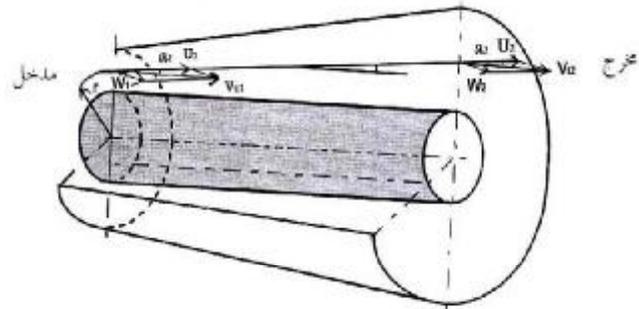
0.982	0.979	0.976	0.973	0.97	0.967	0.964	0.961	0.958	0.916	0.875	0.833	0.75	0.708	0.666	0.604	0.458	0.500	0.458	0.395	0.354	0.333	0.250	0.1875	0.125	0.0833	$\frac{R - R_1}{R_0 - R_1}$
0.05	0.058	0.067	0.08	0.067	0.084	0.094	0.084	0.084	0.1	0.11	0.114	0.112	0.11	0.113	0.115	0.63	0.41	0.021	0.029	0.023	0.029	0.027	0.021	0.027	0.027	$\frac{\sqrt{u\phi}}{u_1}$
0.016	0.035	0.04	0.06	0.067	0.052	0.073	0.061	0.07	0.08	0.092	0.088	0.075	0.067	0.056	0.07	0.08	0.061	0.044	0.02	0.014	0.021	0.019	0.02	0.021	0.02	$\frac{\sqrt{v\phi}}{u_1}$
0.046	0.05	0.046	0.05	0.058	0.067	0.06	0.073	0.071	0.061	0.073	0.074	0.075	0.075	0.08	0.08	0.071	0.041	0.022	0.021	0.022	0.02	0.021	0.02	0.019	0.01	$\frac{\sqrt{w\phi}}{u_1}$

الجدول (8) يبين نتائج القياسات التي أجريت لإيجاد التوزيع القطري للزاوية  $\alpha$  عند مخرج ناشر محوري (الشكل 11)

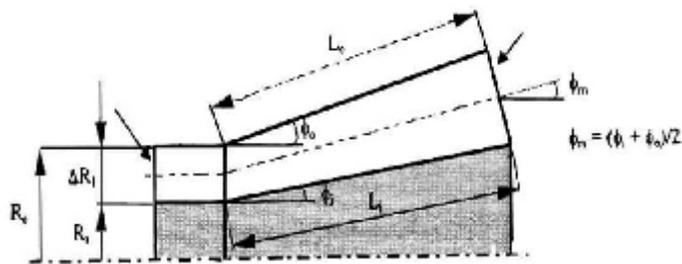
0.982	0.979	0.976	0.973	0.97	0.967	0.964	0.961	0.958	0.916	0.875	0.833	0.75	0.708	0.666	0.604	0.458	0.500	0.458	0.395	0.354	0.333	0.250	0.1875	0.125	0.0833	$\frac{R - R_1}{R_0 - R_1}$
-23	-17	-12.6	-7.99	-8	-8	-8	-5.59	-5.6	-5.6	-5.6	-2	-2	-4	-4	-2	-4	-1.8	-2	-3	-4	-2	-2	0	6	2	$\alpha^\circ$

الجدول (9) يبين نتائج القياسات التي أجريت لإيجاد التوزيع القطري لكثافة الاضطراب عند مخرج ناشر محوري (الشكل 12)

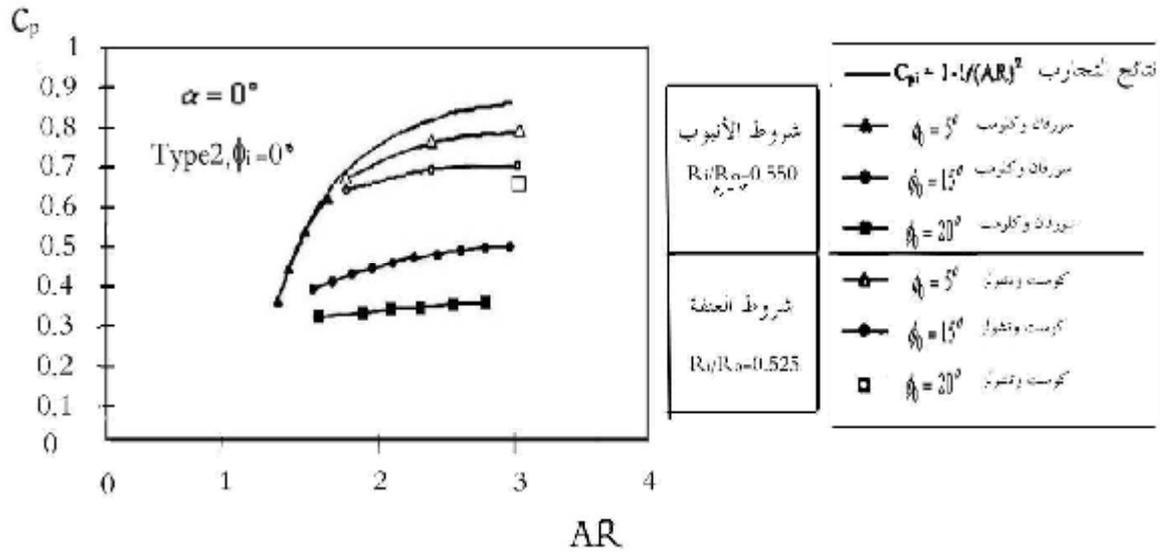
0.982	0.979	0.976	0.973	0.97	0.967	0.964	0.961	0.958	0.916	0.875	0.833	0.75	0.708	0.666	0.604	0.458	0.500	0.458	0.395	0.354	0.333	0.250	0.1875	0.125	0.0833	$\frac{R - R_1}{R_0 - R_1}$
12.5	13.5	14.8	16	19	17	21	21.5	20	21	22	23.5	24	23	22.5	24	13.9	8.5	5.7	6.8	5.8	6.8	6.5	5.7	6.5	5.8	Tu %



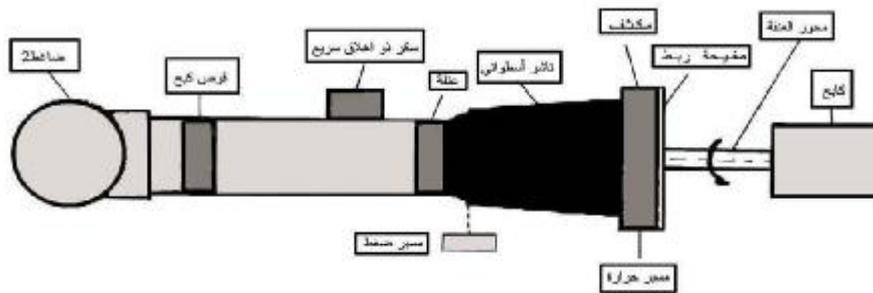
الشكل (1) مركبات السرعة عند مدخل ومخرج ناشر أسطواني



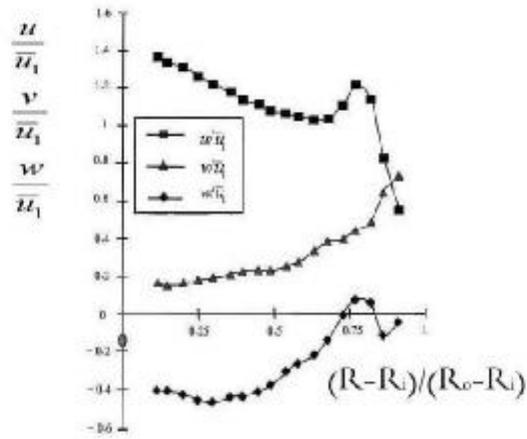
الشكل (2) المواصفات الهندسية لناشر أسطواني



الشكل (3) عامل اسويح الضغط الحاصل في حال ناشر مسويك بأنيوب أسطوانى أو عنفة

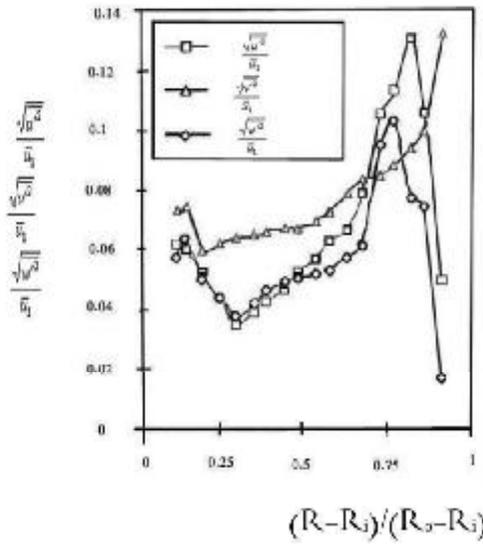


الشكل (4) منشأة قياس لناشر أسطوانى مشمن



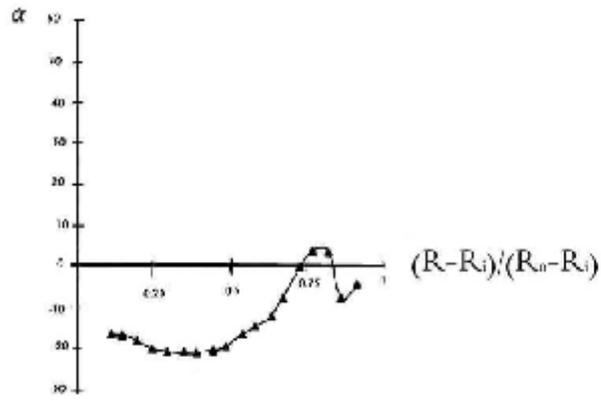
الشكل (5) التوزيع القطري لمركبات السرعة الوسطى عند مدخل ناشر محوري

$$\bar{\alpha}_{90} = 90^\circ, \bar{u}_1 = 62.9 \text{ m/s}$$

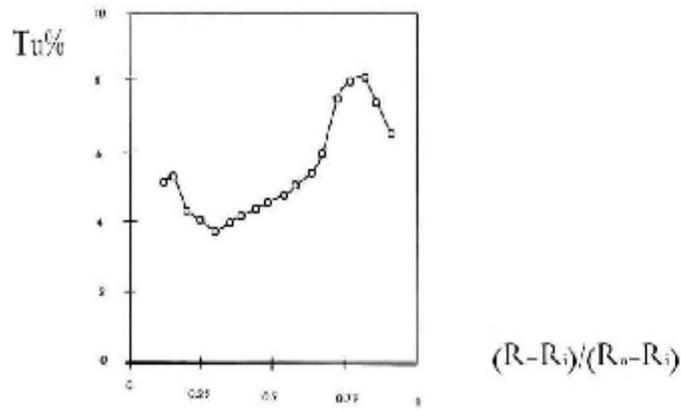


الشكل (6) التوزيع القطري للسرعة لتموج الاضطراب عند مدخل ناشر محوري

$$\bar{\alpha}_{90} = 90^\circ, \bar{u}_1 = 62.9 \text{ m/s}$$

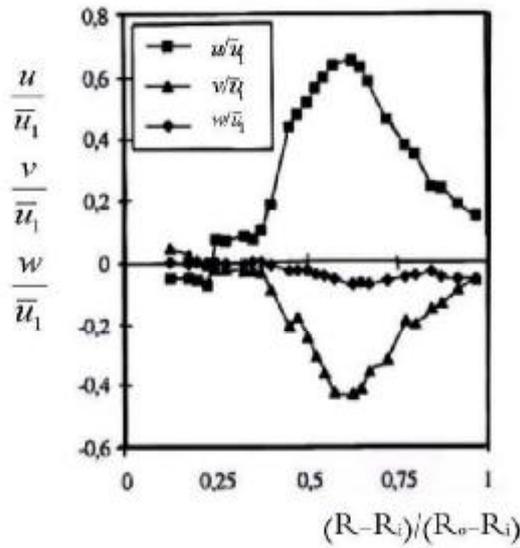


الشكل (7) التوزيع القطري لزاوية  $\alpha$  عند مخرج ناشر محوري  $\bar{\alpha}_{av} = 90^\circ$



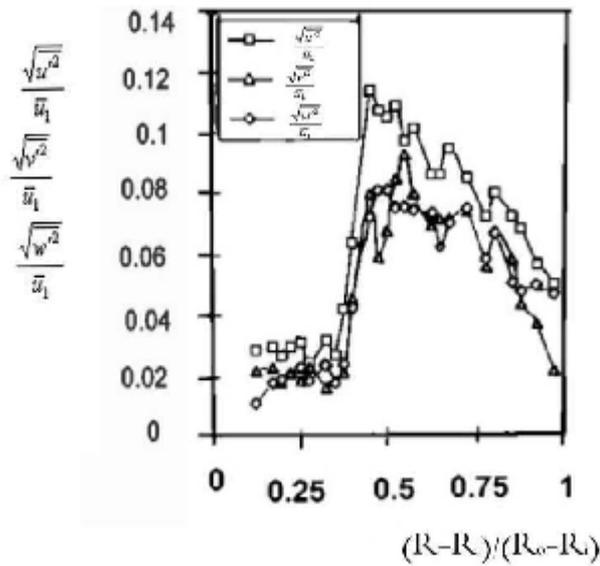
الشكل (8) التوزيع القطري لكثافة الاضطراب عند مدخل ناشر محوري

$$\bar{\nu}_{r1} = 79.7 \quad \bar{\alpha}_{av} = 90^\circ$$



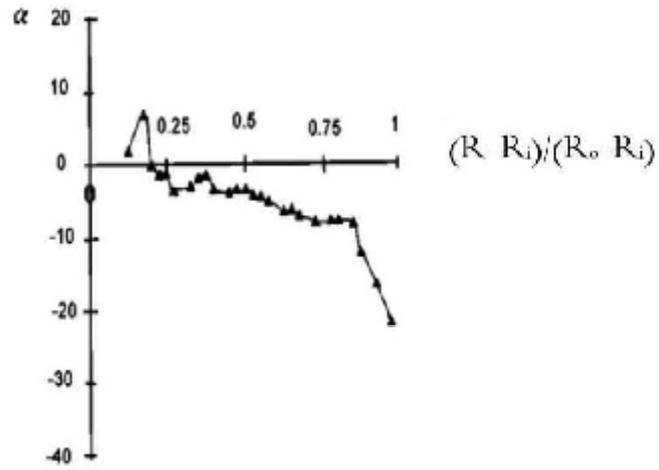
الشكل (9) التوزيع القطري لمركبات السرعة الوسطى المحورية والقطرية والمحاسبة عند مخرج الناشر

$$\alpha_{xy} = 90^\circ, u_1 = 62.9 \text{ m/s}$$

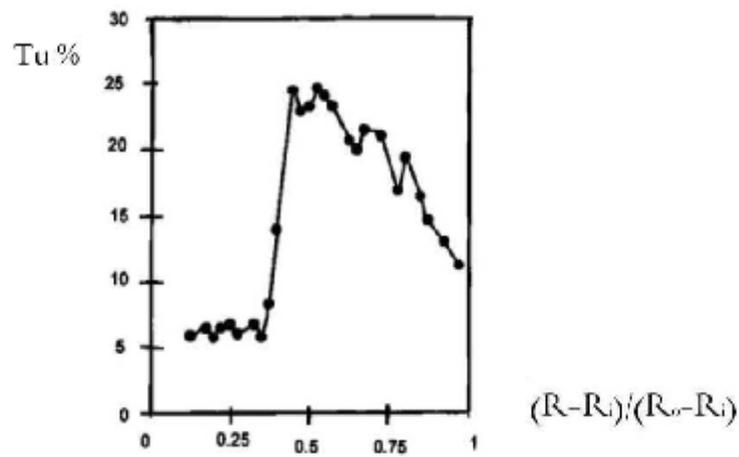


الشكل (10) التوزيع القطري لسرعة الاضطراب عند مخرج الناشر المحوري

$$\alpha_{xy} = 90^\circ, u_1 = 62.9 \text{ m/s}$$



الشكل (11) التوزيع القطري للزاوية  $\alpha$  عند مخرج ناشر محوري  $\bar{\alpha}_{av} = 90^\circ$



الشكل (12) التوزيع القطري لكثافة الاضطراب عند مخرج ناشر محوري

$$\bar{v}_{r2} = 23.2 \text{ m/s} \quad \bar{\alpha}_{av} = 90^\circ$$

## المراجع:

.....

- 1- **Dovzhik, S.A., et Kartavenko, V.M.**, Measurement of the Effect of Flow Swirl on the Efficiency of Annular Ducts and Exhaust Nozzles of Axial Turbomachines, Fluid Mechanics-Soviet Research, Vol.4, No. 4, July-August 1975, pp. 156-172.
- 2- **Lohmann, R.P., Markowski, S.J., Brookman, E.T.**, Swirling Flow Through Annular Diffusers With Conical Walls, ASME Journal of Fluids Engineering, Vol. 101, June 1979, pp. 224-229.
- 3- **Sovran G et Klomp E.D.**- Experimentally Determined Optimum Geometries for Rectilinear Diffusers with Rectangular, Conical or Annular Cross-Section, Fluid Mechanics of Internal Flow. (Proceedings of the Symposium on the Fluid Mechanics of Internal Flow, General Motors Research Laboratories, Warren, Michigan, 1965), (Ed. Sovran G.), 1967, pp. 270-319.
- 4- **Schiestel, R.**, Modélisation et simulation des écoulements turbulents, 1<sup>e</sup> édition, Hermès 1993.
- 5- **B. Djebedjian**, Étude de l'écoulement tridimensionnel dans un échappement axial de turbine à vapeur, thèse, Paris 1997.
- 6- **Zierer, T.**, Experimental Investigation of the Flow in Diffusers Behind an Axial Flow Compressor, ASME journal of Turbomachinery, Vol. 117, April 1995, pp. 231-239. Aussi, ASME Paper No. 93-GT-347, 1993.
- 7- **Ozcan, O., Johnson, D.A. et Simpson, R.L.**, Comment on "Weks of Three Axisymmetric Bodies at Zero Angle of Attack", AIAA Journal, Vol. 33, No. 3, 1995, pp. 569-570.