

## اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف المنحنية لتحسين الأداء الهيدروليكي لقناة ووضع العلاقة الهندسية الناظمة لذلك (عنفة كابلان سد الفرات)

الحسن مطيع عيود<sup>1\*</sup> غسان زيدان<sup>2</sup> حمزة مكارم<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>. مهندس في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

[AlhasanAyoud@damascusuniversity.edu.sy](mailto:AlhasanAyoud@damascusuniversity.edu.sy)

<sup>2</sup>. أستاذ، دكتور، قسم الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

[GhassanZedan@yahooouniversity.edu.sy](mailto:GhassanZedan@yahooouniversity.edu.sy)

<sup>3</sup>. أستاذ مساعد، دكتور، قسم الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

[HamzaMakarem@damascusuniversity.edu.sy](mailto:HamzaMakarem@damascusuniversity.edu.sy)

### الملخص:

تشغل معظم مراكز الأبحاث بتطوير منظومات توليد الطاقة النظيفة والتي تعتبر طاقة المياه من أبرزها خاصةً في مجال العنفات المائية التي تعتبر أقنية التصريف المنحنية أحد أهم أجزاءها.

تنوع أشكال وتقنيات تطوير قناة التصريف بالاعتماد على تعديل المجرى المائي بما يحقق استرجاع أكبر للطاقة الضائعة وتعتبر ريش تقويم الجريان من أهم هذه التقنيات لما لها من دور كبير في تخفيف الاضطرابات وكسر الدوامات الإعصارية التي من شأنها زيادة الفوائد وخفض المربود لذا تم العمل في هذا البحث على تحديد التموضع الأمثل لريش تقويم الجريان ضمن القناة وصولاً للعلاقة الهندسية الناظمة وربطها مع البعد المرجعي الأساسي في أقنية التصريف وهو قطر الدولاب العامل وذلك من خلال إجراء عدة تجارب معتمدين في ذلك على تقنيات المحاكاة الحاسوبية وبرنامج ANSYS FLUENT.

**الكلمات المفتاحية:** العنفة المائية - الأداء الهيدروليكي - قناة التصريف-كاسرات الدوامات.

تاريخ الإيداع: 2023/3/31

تاريخ القبول: 2023/5/30



حقوق النشر: جامعة دمشق -  
سوريا، يحظر المؤلفون حقوق  
النشر بموجب CC BY-NC-SA

# **Choosing the Optimal Depth for the Placement of the Flow Directing Blades under the Entrance of the Draft Tube to Improve the Hydraulic Performance and in order to Get Geometric Equation (Kaplan Turbine Euphrates Dam)**

**Alhasan Mutie Ayoud<sup>\*1</sup> Ghassan Zedan<sup>2</sup> Hamza Makarem<sup>3</sup>**

\*<sup>1</sup>. Engineer, Department of Mechanical Engineering, Faculty of mechanical and electrical Engineering, Damascus University.

[AlhasanAyoud@damascusuniversity.edu.sy](mailto:AlhasanAyoud@damascusuniversity.edu.sy).

2. Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of mechanical and electrical Engineering, Damascus University.

[GhassanZedan@damascusuniversity.edu.sy](mailto:GhassanZedan@damascusuniversity.edu.sy).

3. Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of mechanical and electrical. [HamzaMakarem@damascusuniversity.edu.sy](mailto:HamzaMakarem@damascusuniversity.edu.sy).

## **Abstract:**

Most research centers are preoccupied with developing clean energy generation systems, which water energy, is the most prominent, especially in the field of water turbines, which draft tube are one of the most important parts.

There are various forms and techniques for developing the draft tube, depending on the modification of the watercourse, in order to achieve greater recovery of wasted energy. The flow directing blades are among the most important of these techniques because of their great role in mitigating turbulence and breaking cyclonic vortices that would increase losses and reduce yields. Therefore, work has been done in this research to determine the optimal position of the flow directing blades within the draft tube in order to reach the regulating geometric equation and link it with the basic reference dimension in the draft tube, which is the diameter of the working wheel, by conducting several experiments, relying on computer simulation techniques and the ANSYS FLUENT program.

**Keywords:** water turbine - hydraulic performance - drain channel - vortex breakers

Received: 31/3/2023

Accepted: 30/5/2023



**Copyright:** Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

أما بالنسبة للضاغط فهو حوالي [m] 46 والتصريف حوالي

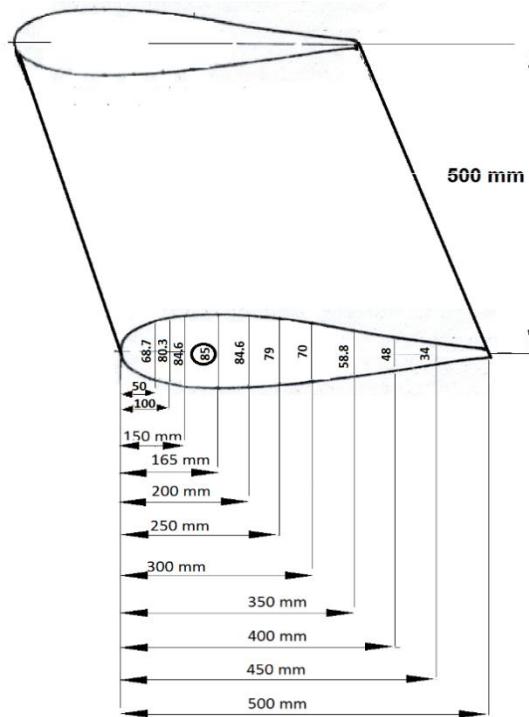
$$[s] / [m^3] (297)$$

تم اختيار طول الريشة  $L=500 \text{ mm}$  ارتفاعها أيضاً 500 mm أما بالنسبة للسماكـة فـتعتمـد عـلـى العـلـاقـةـ الـتيـ تـحدـدـ مـجـالـ السـمـاكـةـ الـأـعـظـمـيـ:

$$\delta_{max} = \delta/L = (0.15 \div 0.2) \quad (1)$$

$$\delta_{max} = 0.17 \times L = \delta_{max} = 85[\text{mm}]$$

حيث:  $\delta$  سـمـاكـةـ الـرـيشـةـ وـتـؤـخـذـ كـنـسـبـةـ مـنـ  $L$  طـوـلـ الـرـيشـةـ،ـ وـكـوـنـ مـقـطـعـ الـرـيشـةـ مـتـغـيـرـ السـمـاكـةـ كـمـاـ يـظـهـرـ الشـكـلـ (1)ـ توـخـذـ سـمـاكـةـ الـرـيشـةـ الـعـظـمـيـ فـيـ المـجـالـ  $(0.15 \div 0.2)$ ـ مـنـ  $L$  طـوـلـ الـرـيشـةـ.



الشكل (1) الأبعاد الهندسية لريشة تقويم الجريان

تمت دراسة هذه الريش ووضعها ضمن القناة حاسوبياً، ويـبـينـ الشـكـلـ (2)ـ الـمـنـاسـبـ الـجـغـرـافـيـةـ وـالـأـبعـادـ الـهـنـدـسـيـةـ لـقـنـةـ التـصـرـيفـ الـمـسـتـخـدـمـةـ فـيـ عـنـفـةـ كـابـلـانـ فـيـ سـدـ الفـراتـ.

## المقدمة:

تعمل ريش تقويم الجريان على كسر الدوامات وتقويم الجريان لإزالة الأضطرابات وبالتالي تخفيف الفوائد الأمر الذي يسهم في زيادة المردود لذا كان لا بد من دراسة التموضع الهندسي لهذه الشفرات وصولاً لوضع علاقة ناظمة لاختيار الموضع الأمثل ارتباطاً بقطر الدوبلاب العامل.

## أولاً- هدف ومبررات البحث:

استخدام الطرق العددية وخصائص CFD لدراسة وتحليل أثر تموضع ريش تقويم الجريان في كسر الدوامات المتشكلة في أقنية التصريف وما يترتب على ذلك من تأثير على أداء العنفات في المحطة الكهرومائية في سد الفرات، وصولاً لوضع علاقة هندسية ناظمة بدلالة بعد الدوبلاب العامل للعنفة وباستخدام الطرق العددية المختلفة وخصائص CFD.

## ثانياً: مواد وطرق البحث:

تم إجراء التجربة حاسوبياً عبر برنامج ANSYS FLUENT من خلال محاكاة القناة وتموضع الريش فيها وفي كل مرة تم تغيير عمق الريشة للوصول للعمق الأمثل ووضع العلاقة الناظمة له.

## 3-1- التوصيف الفني لريش التقويم المقترن دراسة تموضعها ضمن قناة التصريف:

تم العمل على وضع ثلاث ريش تقويم بالأبعاد الموضحة في الشكل (1) وذلك ضمن مجرى قناة التصريف المنحنية الموضوعة في سد الفرات الذي يعتمد في توليد الكهرباء على ثمانية مجموعات تعتمد على دوران العنفات الموجودة وهي من نوع كابلان بتأثير اندفاع المياه لتقديم العنفة الواحدة بتوليد [MW] 110 بقطـر دوـلـابـ العنـفـةـ [m] 6،

عيود، زيدان ومكارم

اختيار العمق الأمثل لموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف.....

الجدول (1) علاقة الأبعاد الهندسية الرئيسية بقطر الدولاب العامل

وقيمها بواحدة القياس [m] ضمن مجال العمل :

القيمة	العلاقة الهندسية بالبعد D1	الرمز
6	D1	D1
5.838	$D3=0973 \times D1 = 5.838$	D3
7.2	$(1.1 \div 1.2) D1 = 7.2$	$h_4$
13.8	$1.915 D1 \leq 2.6 D1 = 13.8$	$h$
7.06	$(1 \div 1.7) D1 = 7.06$	$h_5$
16.5	$(2.2 \div 2.7) D1 = 16.5$	B5

### 3-2-1-تطوير القناة:

تستخدم ريش تقويم الجريان عند مدخل القناة لكسر الدوامات وتقويم التيار المائي ليصبح بشكل انسيابي باتجاه كوع الامتصاص الذي سيعمل بدوره على امتصاص الصدمات والاضربات وتحقيق جريان انسحابي بسرعة خروج منخفضة.

وتم اعتماد كفاءة التوربين كمؤشر وتم حسابها في حالات مختلفة حيث انه يحسب مردود القناة من العلاقة التالية:

$$\eta_D = \frac{\frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} - \left( \frac{\alpha_5 v_5^2}{2g} + \sum h_{3 \rightarrow 5} \right)}{\frac{\alpha_3 v_3^2}{2g}} \quad (2)$$

$$\sum h_{3 \rightarrow 5} = \frac{\alpha_5 v_5^2}{2g} \quad (3)$$

$$v_3 = 11.09 [m/s]$$

قيمة متغيرة حسب الحالة المدروسة بنتيجة تغير الفوائد الناتج عن انخفاض اضطراب الجريان.

تم إجراء المحاكاة الحاسوبية لوضع شفرات مقومة للجريان ولوحظ أن هذا التقويم سيساعد في خفض الاضطراب ورفع المردود.

تم إعادة التجربة لأكثر من مرة وفي كل مرة كان يتم تغيير مستوى تموض الشفرات، وتمت دراسة تأثير تغير عمق ريش تحت مدخل القناة على سرعة الخروج وبالتالي على الفوائد والمردود، بتطبيق برنولي بين مستوى مدخل القناة 3-3 ومستوى السطح الحر للسائل 5-5 في خزان الخروج

$$\frac{P_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} - Z_3 = \frac{P_5}{\gamma} + \frac{v_5^2}{2g} - Z_5 + \sum h_{3 \rightarrow 5}$$

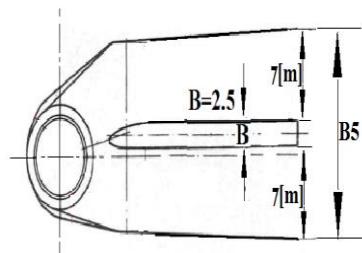
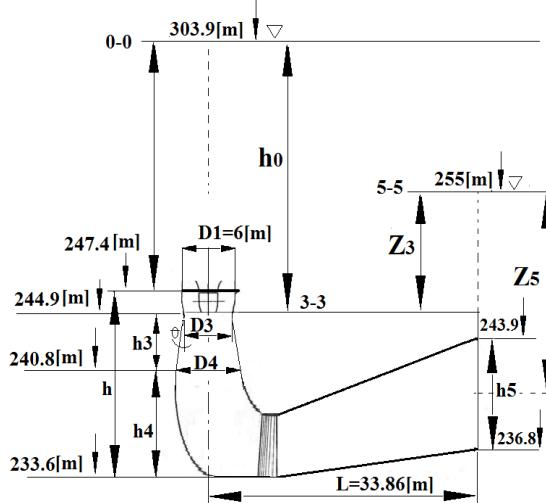
1-1-3- العنفة المائية المستخدمة:

تتألف منظومة توليد الكهرباء في سد الفرات من ثمانية عنفات نوع كابلان تقوم بـ [110MW] قطر دولاب العنفة [6m]، وضاغطها حوالي [46m] والتصريف حوالي [297m^3/s] [1]

### 3-2-الدراسة الرياضية والتحليلية للقناة:

تقوم قناة التصريف بالاستفادة من الطاقة الحركية الضائعة

الخارجة من الدولاب العامل [3,4,5].



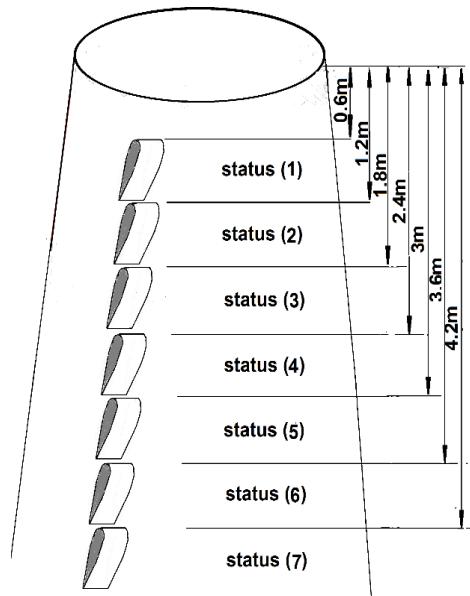
الشكل (2) مناسبات المياه في قناة التصريف المنحنية ذات الكوع مع أبعاد القناة في سد الفرات [5]

تعتمد جميع الدراسات والأبحاث على علاقات مرجعية أساسية للأبعاد الهندسية لقناة التصريف مبنية على أساس أن جميع الأبعاد الهندسية في القناة تكون متساوية بعد مرجعيأساسي هو قطر الدولاب العامل D1، كما يظهر في الجدول رقم (1) الجدول [4,6].

عيود، زيدان ومكارم

$$\left( \frac{P_3}{\gamma} - \frac{P_a}{\gamma} - 3.8 \right) \cdot \frac{2g}{(1+\alpha_5)} = v_5^2$$

$$v_5 = \sqrt{\left( \frac{P_3}{\gamma} - \frac{P_a}{\gamma} - 3.8 \right) \cdot \frac{2g}{(1+\alpha_5)}} \quad (4)$$



الشكل (3) الحالات المدروسة لموضع ريش تقويم الجريان

### 3-2-2-الدراسة الحاسوبية للقناة:

الجدول (2) المعلومات الأساسية الخاصة بالشبكة

عدد العقد	عدد العناصر	نوع العنصر
496327	1507186	رباعي السطوح

حيث قمنا بزيادة عدد الخلايا في منطقة المخروط لأهميتها وتأثيرها على مشكلة البحث، واختارنا عدد الحواف والسطح المدروسة بعد تحديدها بـ 27 حافة، وتم اختيار 200 عنصر لكل حافة بغية كثافة العناصر عند الحواف وفي باقي الأسطح 35 عنصر ويشير الشكل التالي الفرق بين الشبكة المولدة أوتوماتيكياً والتي تحتوي على عدد عناصر وعقد قليل نسبياً وبين الشبكة التي تم إعدادها لمراقبة دقة الحل، وتم اختيار الدقة التي ينتهي بها الحل بالقيمة  $10^{-6}$  أما عدد مرات تكرار الحل فقد تم

اختيار العمق الأمثل لموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف

$$\frac{P_5}{\gamma} / \gamma = P_a / \gamma + Z_5$$

$$\frac{P_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} - Z_3 = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_5^2}{2g} + \sum h_{3 \rightarrow 5}$$

$$\sum h_{3 \rightarrow 5} = \alpha_5 \frac{v_5^2}{2g}$$

$$\frac{P_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} - Z_3 = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_5^2}{2g} + \alpha_5 \frac{v_5^2}{2g}$$

$$\frac{P_3}{\gamma} - \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} - Z_3 = (1 + \alpha_5) \frac{v_5^2}{2g}$$

حيث تم إدخال البارامترات التالية على البرنامج:

$$v_3 = 11.09 \text{ m/s}$$

$$\alpha_5 = 4$$

$$\alpha_3 = 6$$

$$Z_3 = 255 - 244.9 = 10.1 \text{ m}$$

باقي البارامترات حصلنا عليها كنتائج من المحاكاة حيث أنه عند كل عمق جديد للشفرات تغيرت سرعة الخروج والفوائد والضغط عند مدخل القناة ويشير الشكل (3) الحالات

المدروسة لموضع ريش تقويم الجريان

$$\frac{P_3}{\gamma} - \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} - Z_3 = (1 + \alpha_5) \frac{v_5^2}{2g}$$

حيث  $Z_3$  يمثل الفرق بين ارتفاع منسوب الماء في الخزانين

العلوي والسفلي كما هو موضح بالشكل رقم (2)

$$Z_3 = 255 - 244.9 = 10.1 \text{ m}$$

و  $v_3$  تمثل سرعة الجريان عند الدخول إلى القناة عبر مقطع الدخول ذي القطر  $D_3$  المأخوذ من إدارة سد الفرات

والموضح بالجدول (1) والمرجع رقم (6)

$$v_3 = Q / A_3, \quad Q = 297 \text{ [m}^3 / \text{s}]$$

$$A_3 = (\pi \cdot [D_3]^2 / 4) \text{ [m}^2]$$

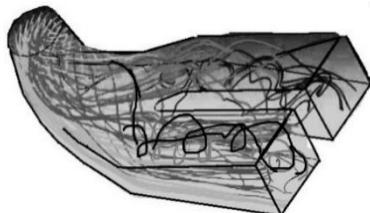
$$[ \rightarrow v_3 = 11.09 \text{ [m/s]} ]$$

بالتعميض وإعادة الترتيب نحصل على المعادلة رقم (4) التي تشير إلى علاقة سرعة خروج الجريان من القناة وتأثيرها بضغط السائل عند الدخول إلى القناة والذي سيكون مختلف بين كل تجربة وأخرى حيث سيتم الحصول على قيمة  $v_3$  كنتيجة لكل إجراء تجاري على البرنامج الحاسوبي.

$$\left( \frac{P_3}{\gamma} - \frac{P_a}{\gamma} + \frac{11.09^2}{2g} - 10.1 \right) \cdot \frac{2g}{(1 + \alpha_5)} = v_5^2$$

عيود، زيدان ومكارم

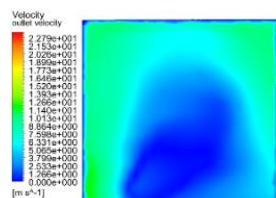
يبين الشكل 5 متجهات السرعة وخطوط التيار ضمن أنبوب التصريف، حيث يتبيّن وجود بعض المناطق ذات جريان عكسي ضمن الأنبوب.



الشكل (5) خطوط التيار ضمن أنبوب التصريف

أيضاً يتبيّن تغييرات السرعة عند الخروج في الشكل (6)

المعالج ببرنامج



الشكل (6) تغييرات السرعة عند مخرج القناة

### 3- التجارب الحاسوبية:

تم وضع الشفرات لتقويم الجريان وأعدنا التجربة أكثر من مرة، وذلك كما يلي:

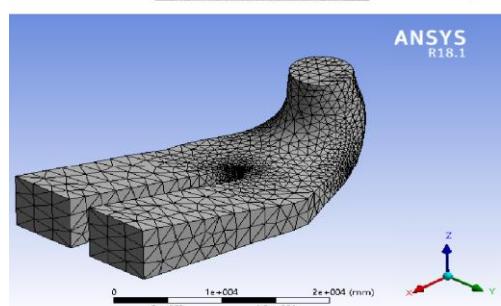
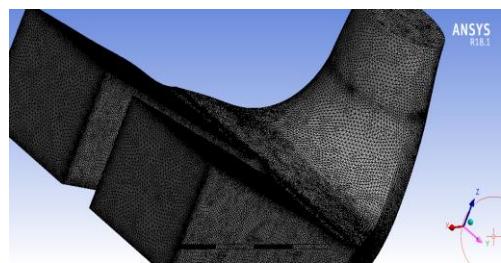
#### 3-3-1- التجربة الأولى:

مجموعة مؤلفة من 8 شفرات مقومة لجريان بتموضع زاوي 4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 درجة، عند عمق 30 متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (2) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 8 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.66	2.731009	0.854776	0.6
3.64	2.701244	0.856359	1.2
3.65	2.716106	0.855569	1.8
3.66	2.731009	0.854776	2.4
3.67	2.745953	0.853982	3
3.67	2.745953	0.853982	3.6
3.67	2.745953	0.853982	4.2

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف تحديدها بالقيمة 1000 حيث أنه إذا تم الوصول للدقة المطلوبة يتوقف الحل عنها، أما في حال عدم الوصول إلى هذه الدقة فإن الحل يستمر بالتكرار حتى 1000 مرة كما يظهر الشكل (4) والجدول (2) عدد الخلايا الكبير في المناطق الأكثر أهمية ومدى نعومة الموجف وعدد الخلايا.



الشكل (4) الشكل المعالج عبر برنامج

#### 3-2-2-1- الشروط الحدية:

تم تحديد قيم الشروط الحدية من كثافة السائل وحرارته بالإضافة لتحديد قيم التدفق كشرط حدي عند المدخل وقيم الضغط كشرط حدي عند المخرج

المائع المستخدم: الماء، بخار الماء عند درجة حرارة 25

$$\rho = 0.997 [kg / m^3]$$

$$g = 9.81 [m / s^2]$$

$$v_3 = 11.2 ([m] / [s])$$

ضغط الخروج من القناة

$$P_5 = 2.43 [bar]$$

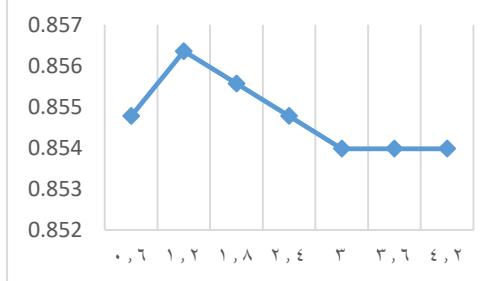
#### 3-2-2-2- نمذجة القناة الأصلية:

عيود، زيدان ومكارم

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف.....

مجموعة مؤلفة من 8 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي 10 درجة، عند عمق 0.6-1.2-1.8-2.4-3-3.6-4.1 درجة، متراً أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص. الجدول (4) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 8 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.4	2.356779	0.874676	0.6
3.37	2.315372	0.876878	1.2
3.401	2.358165	0.874602	1.8
3.401	2.358165	0.874602	2.4
3.402	2.359552	0.874529	3
3.403	2.36094	0.874455	3.6
3.404	2.362327	0.874381	4.2

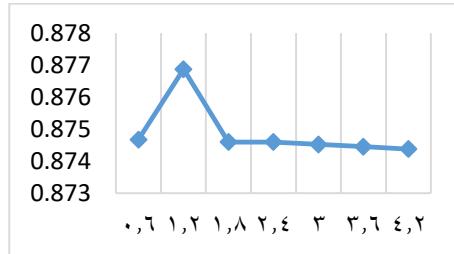


الشكل (7) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 8 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

### 3-2-3- التجربة الثانية:

مجموعة مؤلفة من 8 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي 20 درجة، عند عمق 0.6-1.2-1.8-2.4-3-3.6-4.1 درجة، متراً أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (3) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 8 ريش بزاوية 20 درجة على المردود



الشكل (9) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 8 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

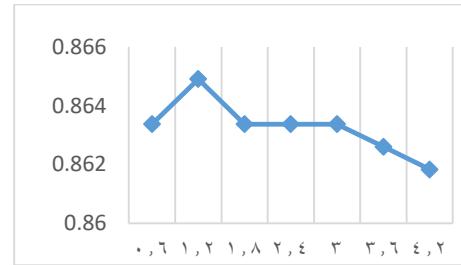
$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.39	2.342936	0.875412	0.6
3.37	2.315372	0.876878	1.2
3.39	2.342936	0.875412	1.8
3.39	2.342936	0.875412	2.4
3.39	2.342936	0.875412	3
3.39	2.342936	0.875412	3.6
3.4	2.356779	0.874676	4.2

### 3-3-4- التجربة الرابعة:

مجموعة مؤلفة من 7 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي 30 درجة، عند عمق 0.6-1.2-1.8-2.4-3-3.6-4.1 درجة، متراً أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (5) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 7 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.55	2.569317	0.863374	0.6
3.53	2.540449	0.864909	1.2
3.55	2.569317	0.863374	1.8
3.55	2.569317	0.863374	2.4
3.55	2.569317	0.863374	3
3.56	2.583812	0.862604	3.6
3.57	2.598349	0.861831	4.2



الشكل (8) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 8 ريش بزاوية 20 درجة على المردود

### 3-3-3- التجربة الثالثة:

مجموعة مؤلفة من 7 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

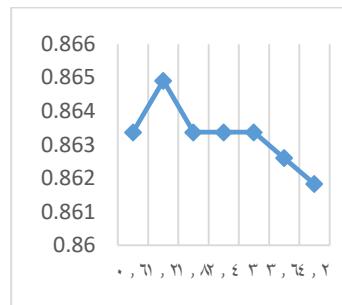
4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 10 درجة، عند عمق

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (7) تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 7 ريش بزاوية

10 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.39	2.342936	0.875412	0.6
3.37	2.315372	0.876878	1.2
3.4	2.356779	0.874676	1.8
3.401	2.358165	0.874602	2.4
3.402	2.359552	0.874529	3
3.403	2.36094	0.874455	3.6
3.404	2.362327	0.874381	4.2



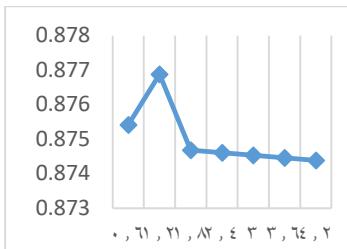
الشكل (10) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 7 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

### 3-3-5- التجربة الخامسة:

مجموعة مؤلفة من 7 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي 4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 20 درجة، عند عمق

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (6) تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 7 ريش بزاوية 20 درجة على المردود



الشكل (12) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 7 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

### 3-3-7- التجربة السابعة:

مجموعة مؤلفة من 6 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

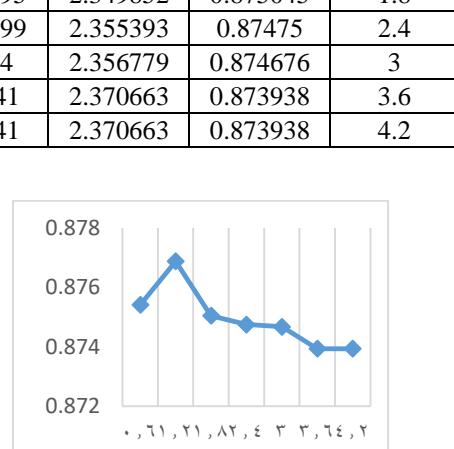
4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 30 درجة، عند عمق

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (8) تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 6 ريش بزاوية

30 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.51	2.511743	0.866436	0.6
3.5	2.497452	0.867196	1.2
3.51	2.511743	0.866436	1.8
3.52	2.526075	0.865674	2.4
3.52	2.526075	0.865674	3
3.52	2.526075	0.865674	3.6
3.52	2.526075	0.865674	4.2



الشكل (11) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 7 ريش بزاوية 20 درجة على المردود

### 3-3-6- التجربة السادسة:

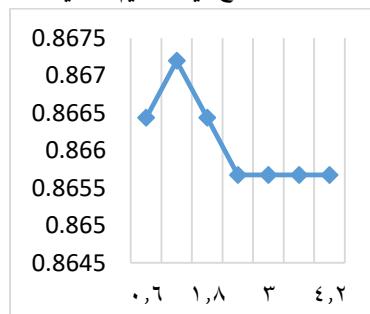
عيود، زيدان ومكارم

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف.....

مجموعة مؤلفة من 6 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي 10 درجة، عند عمق 4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (10) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 6 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.39	2.342936	0.875412	0.6
3.37	2.315372	0.876878	1.2
3.39	2.342936	0.875412	1.8
3.399	2.355393	0.87475	2.4
3.4	2.356779	0.874676	3
3.41	2.370663	0.873938	3.6
3.42	2.384587	0.873197	4.2

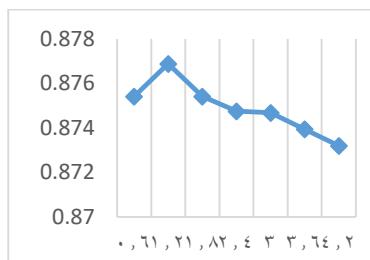


الشكل (13) مخطط بياني يبين تأثير عمق تمووضع مجموعة مؤلفة من 6 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

### 8-3-3- التجربة الثامنة:

مجموعة مؤلفة من 6 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي 20 درجة، عند عمق 4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (9) تأثير عمق تمووضع مجموعة مؤلفة من 6 ريش بزاوية 20 درجة على المردود



الشكل (15) مخطط بياني يبين تأثير عمق تمووضع مجموعة مؤلفة من 6 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

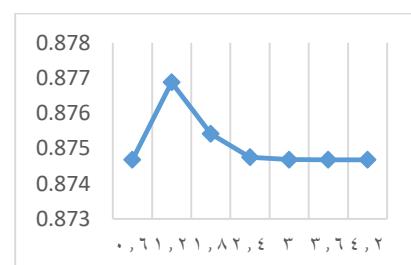
### 8-3-3- التجربة العاشرة:

مجموعة مؤلفة من 4 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي 30 درجة، عند عمق 4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (11) تأثير عمق تمووضع مجموعة مؤلفة من 4 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.7	2.79103	0.851585	0.6
3.69	2.775963	0.852386	1.2
3.7	2.79103	0.851585	1.8
3.71	2.806137	0.850781	2.4
3.71	2.806137	0.850781	3
3.71	2.806137	0.850781	3.6
3.71	2.806137	0.850781	4.2

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.4	2.356779	0.874676	0.6
3.37	2.315372	0.876878	1.2
3.39	2.342936	0.875412	1.8
3.399	2.355393	0.87475	2.4
3.3999	2.35664	0.874684	3
3.4	2.356779	0.874676	3.6
3.4	2.356779	0.874676	4.2



الشكل (14) مخطط بياني يبين تأثير عمق تمووضع مجموعة مؤلفة من 6 ريش بزاوية 20 درجة على المردود

### 8-3-3- التجربة التاسعة:

عيود، زيدان ومكارم

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف.....

مجموعة مؤلفة من 4 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

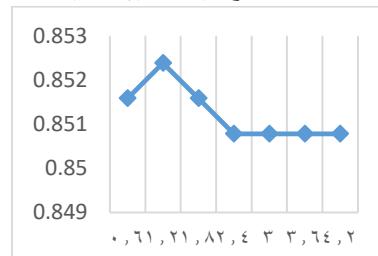
4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 10 درجة، عند عمق

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (13) تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 4 ريش بزاوية

10 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.4	2.356779	0.874676	0.6
3.37	2.315372	0.876878	1.2
3.41	2.370663	0.873938	1.8
3.42	2.384587	0.873197	2.4
3.43	2.398552	0.872455	3
3.44	2.412559	0.87171	3.6
3.45	2.426606	0.870963	4.2



الشكل (16) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 4 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

### 11-3-3- التجربة الحادية عشرة:

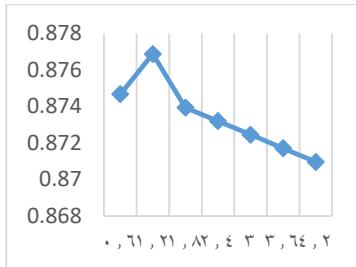
مجموعة مؤلفة من 4 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 20 درجة، عند عمق

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (12) تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 4 ريش بزاوية

20 درجة على المردود



الشكل (18) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 4 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

### 13-3-3- التجربة الثالثة عشرة:

مجموعة مؤلفة من 3 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

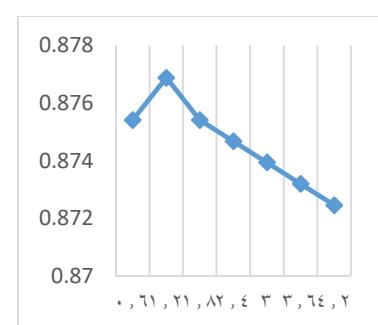
4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 30 درجة، عند عمق

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (14) تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 3 ريش بزاوية

30 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.39	2.342936	0.875412	0.6
3.37	2.315372	0.876878	1.2
3.39	2.342936	0.875412	1.8
3.39	2.342936	0.875412	2.4
3.39	2.342936	0.875412	3
3.39	2.342936	0.875412	3.6
3.39	2.342936	0.875412	4.2



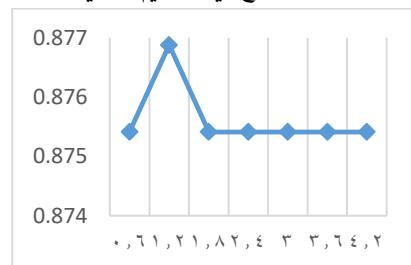
الشكل (17) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 4 ريش بزاوية 20 درجة على المردود

### 12-3-3- التجربة الثانية عشرة:

الجدول (16) تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 3 ريش بزاوية

10 درجة على المردود

$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.38	2.329134	0.876146	0.6
3.37	2.315372	0.876878	1.2
3.388	2.340172	0.875559	1.8
3.389	2.341554	0.875486	2.4
3.4	2.356779	0.874676	3
3.41	2.370663	0.873938	3.6
3.42	2.384587	0.873197	4.2

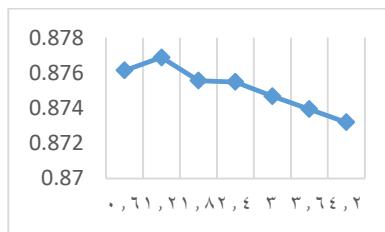


الشكل (19) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 3 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

**14-3-3- التجربة الرابعة عشرة:**

مجموعة مؤلفة من 3 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي 20 درجة، عند عمق 4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (15) تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 3 ريش بزاوية 20 درجة على المردود



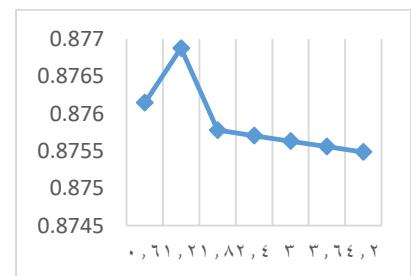
الشكل (21) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 3 ريش بزاوية 20 درجة على المردود

يبيّن الجدول (17) القيم العظمى للمردود في التجارب والتي جميعها على اختلاف مؤثراتها ومؤشراتها كانت قد تحققت عند العمق 1.2 m

الجدول (17) القيم العليا للمردود عند إجراء التجارب

s	$V_{out}$	h3-5	$\eta$
بدون	3.57	2.6	0.86
30-8B	3.64	2.701244	0.856359
20-8B	3.37	2.315372	0.876878
10-8B	3.37	2.315372	0.876878
30-7B	3.53	2.540449	0.864909
20-7B	3.37	2.315372	0.876878
10-7B	3.37	2.315372	0.876878
30-6B	3.5	2.497452	0.867196
20-6B	3.37	2.315372	0.876878
10-6B	3.37	2.315372	0.876878
30B4-	3.69	2.775963	0.852386
20B4-	3.37	2.315372	0.876878
B4-10	3.37	2.315372	0.876878
B3-30	3.37	2.315372	0.876878
B3-20	3.32	2.247176	0.880504
B3-10	3.37	2.315372	0.876878

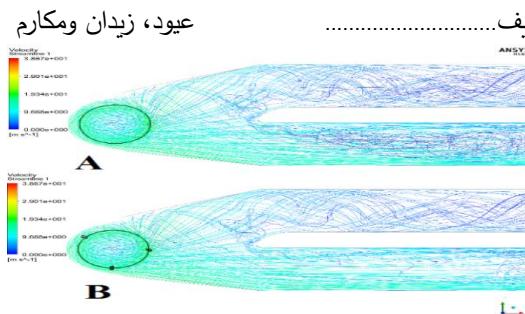
$V_{out}$	h3-5	$\eta$	العمق
3.38	2.329134	0.876146	0.6
3.37	2.315372	0.876878	1.2
3.385	2.33603	0.87578	1.8
3.386	2.33741	0.875706	2.4
3.387	2.338791	0.875633	3
3.388	2.340172	0.875559	3.6
3.389	2.341554	0.875486	4.2



الشكل (20) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموض مجموعة مؤلفة من 3 ريش بزاوية 20 درجة على المردود

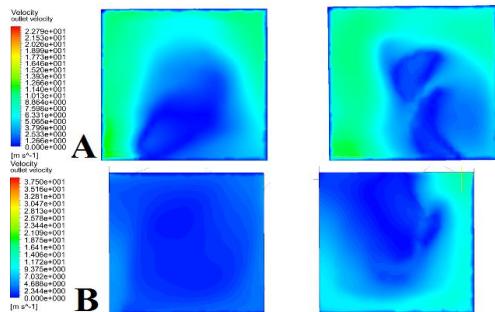
**15-3-3- التجربة الخامسة عشرة:**

مجموعة مؤلفة من 3 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي 10 درجة، عند عمق 4.1-3.6-3-2.4-1.8-1.2-0.6 متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.



الشكل (23) خطوط الجريان في القناة الأصلية (A) والقناة المقترحة المزودة بريش تقويم الجريان (B).

يبين الشكل 24 أن سرعة الخروج تنخفض مع وضع كاسر دوامة، بينما تكون أعلى في القناة الأصلية، وعليه فإن الطاقة الحركية في القناة المقترحة تكون أقل من القناة الأصلية ذلك أنها استخدمت في رفع المردود.

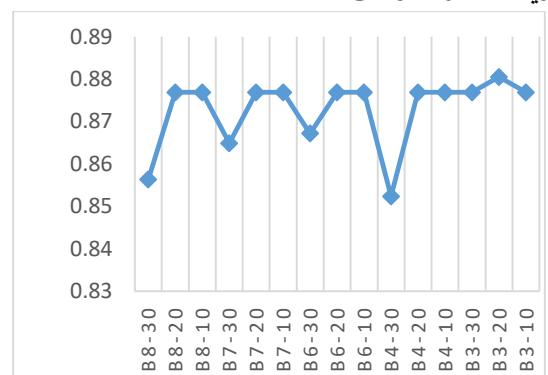


الشكل 24 محاكاة سرعة خروج السائل من قناة التصريف الأصلية (A) ومن القناة المقترحة المزودة بريش تقويم الجريان (B).

بمناقشة موقع وعدد كاسرات الدوامات المستخدمة نلاحظ أنه عندما تم استخدام أنبوب التصريف مع كاسر دوامة بشفرات تقويم جريان عند تمويض قريب من كوع الامتصاص، مع تمويض زاوي معين فقد أثر ذلك سلباً وانخفاضت كفاءة التوربين، ولكن عندما تم تثبيت كاسر دوامة وذلك عمق لا يتجاوز 29% من طول قناة الدخول المخروطية فإننا لاحظنا أنه قد ارتفعت كفاءة التوربين، ويمكن أن نلاحظ أن كاسر الدوامة بثلاثة ريش يمكن أن تسبب دوامات صغيرة عكس الدوامة الأصلية الناتجة عن الدوّلاب العامل، وبهذه الطريقة، فإنها تساعد على ضبط التدفق عبر المقطع العرضي وإزالة الاضطراب منه عن

اختيار العمق الأمثل لموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف إن الرمز S يشير إلى الحالة المدروسة حيث أن الحالة الأولى كانت بدون وجود ريش لتقويم الجريان وهي الحالة الأصلية بينما الحالة الثانية كانت مع وجود ثمانية ريش لتقويم الجريان متوضعة بزاوية 30 درجة وبعدها الحالة الثالثة مع وجود ثمانية ريش لتقويم الجريان بتموضع 20 درجة وهكذا وفق الجدول رقم 17

إذا تحققت القيمة العليا للمردود عند استخدام ثلاث شفرات بزاوية 20 درجة وعمق 1.2 m



الشكل (22) مخطط بياني يبين القيم العليا للمردود عند إجراء التجارب

يبين الشكل 23 مقارنة بين جريان السائل ضمن الأنابيب الأصلي وجريانه ضمن الأنابيب المقترن.

حيث أنه بالمقارنة بين الشكل 23 (A) والشكل 23 (B)، من الواضح أن التدفق عند مدخل القناة لم يتأثر لكن بعد المرور في ناشرة الدخول فإن التدفق بالقرب من الجدار قد تغير، وتم تخفيض الاضطراب والدوaran في الأنابيب المقترن، أي أن قيمة سرعة الجريان في القناة الأصلية أعلى من قيمتها في القناة المقترنة وبذلك يتم استثمار الطاقة الحركية الصائعة في زيادة الضاغط على الدوّلاب العامل وبالتالي زيادة الكفاءة من خلال كاسر الدوامات المقترن وهو مجموعة ريش تقويم الجريان والذي قام بتنظيم الدوامات المضطربة بحيث تنخفض السرعة ويستقر جريان السائل بدلاً من تأرجحه واضطرابه.

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف طريقة كسر بعض الدوامات الحلوانية التي كانت تظهر في أنبوب التصريف الأصلي.

$$P = 110 [MW]$$

الاستطاعة بعد التعديل:

$$P[MW] = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H \cdot \eta}{10^6}$$

$$P = (9810 \times 297 \times 46 \times 0.84) / [10]^6$$

$$P = 112.6 [MW]$$

الزيادة في الاستطاعة للعنفة الواحدة هي  $[MW] 2.6$  ومن أجل 8 عنفات تكون الزيادة  $21 [MW]$

النتائج:

1. يمكن أن يسبب كاسر الدوامة بعض الدوامات على طول الجدار في الماء، ويكون لموقع ريش هذا الكاسر تأثير قوي على حجم دواماته، في حين أن المسافة بين ريش هذا الكاسر لها تأثير على قوة الدوامات، وإذا كان عمق تموضع كاسر الدوامة كبيراً جداً، فسوف ينتج عنه الكثير من الاضطرابات في التدفق، مما يسبب ضرراً أكبر من الفائدة وعليه فإن العميق الأفضل في بداية نشرة الدخول.

2. عندما تم وضع كاسر دوامة بريش تقويم الجريان مناسبة في أنبوب التصريف، زادت كفاءة القناة بنسبة 2%.

3. يمكن استخدام كاسر دوامة بريش تقويم الجريان لتحسين كفاءة التوربين لمشروع الأنابيب، ليس فقط في ظروف العمل المثلث ولكن أيضاً في حالات أخرى.

4. إن المقترن الجديد لتصميم القناة والذي اعتمد على تخفيف سرعة الخروج وتقليل الاضطرابات الناتجة عن الدوامة الأصلية ساهم بزيادة قيمة المردود الكلي بمقدار 2% الأمر الذي زاد استطاعة العنفة الواحدة بمقدار  $2.6 [MW]$  وبالتالي زيادة استطاعة المنشأة بمقدار  $21 [MW]$ .

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

### 3-4-وضع علاقة العميق الأمثل لتموضع

الشفرات:

يؤخذ الطول من مدخل القناة وحتى قعر كوع الامتصاص

في المجال:

$$H = (1.915-2.6)D1 \quad (5)$$

العميق الأمثل  $S$  هو

بنسبة 20% من ارتفاع قناة التصريف وهو بعد الهندسي

$H$

$$1.2/4.1=0.293$$

$$S=0.293 \times H=0.293 \times 4.1=1.2m$$

ولما كان ارتفاع قناة التصريف وجميع الأبعاد الهندسية تتسب رياضياً وهندسياً وتصميمياً لقطر دولاب التوربين العامل وفق العلاقة:

$$H = (1.915-2.6) D1 \quad (6)$$

إذاً كان لا بد من ربط النتيجة التي حصلنا عليها من حيث العميق الهندسي الأمثل بقطر الدولاب العامل كما يلي:

$$H = (1.915-2.6) D1$$

$$S=0.293 \times H$$

$$S = (0.5611-0.762) \cdot D1 \quad (7)$$

تشير العلاقة المستنيرة أعلاه إلى المجال الهندسي الذي يوصى باعتماده عند وضع شفرات تقويم الجريان وذلك اعتماداً على قطر الدولاب العامل، ويمكن حساب قيمة التحسين في القدرة الناتجة عن هذا التعديل كما يلي:

الجدول (17) مقارنة بين قيم المردود قبل التعديل وبعده

مردود التوربين الكلي	قبل التعديل		مردود القناة الأصلية
	مردود القناة المعدلة	المردود الكلي للتوربين	
0.84	0.88	0.82	0.86

الاستطاعة قبل التعديل:

$$P[MW] = (\gamma \cdot Q \cdot H \cdot \eta) / [10]^6 \quad (8)$$

$$P = (9810 \times 297 \times 46 \times 0.82) / [10]^6$$

- 10- International Conference on Hydraulic Machinery and Hydrodynamics Timisoara, Romania, October 21 - 22, 2004

### References:

- 1- أ. بارمود، أ. بيجاليف، تقرير نهائي عن فحص المنشآت المائية لسد الفرات والبعث لتقدير حالة المنشآت ووضع توصيات لتحسين معايير الأمان، الشركة المساهمة " المركز الهندسي UES الروسي، معهد هروبروجكت، موسكو - 2004
- 2- غسان زيدان، الآلات المائية، منشورات جامعة البعث 2007
- 3- عاصم قداح، علي خلوفن فريد أبو حامد، حكمت الأحمد: آلات الجريان، منشورات جامعة دمشق، 2010-2011
- 4- В.ВАРЛИТ,ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТУРБИНЫ , КИЕВ , 1977.
- 5- профессора А. А. Морозова ,ТУРБИННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, Государственное Энергетическое Издательство, Москва, 1958, Ленинград.
- 6- S.J.Juk, euphrates project in the syrian arab republic, engineering report, volume 1,drawings, prepared by all-union design, Surveying and Research Institute HYDROPROJECT named after S. J. Zhuk, moscow 1977.
- 7- ANSYS Fluent User's Guide, USA, Southpointe, November 2013.
- 8- Abbas .A , Kumar .A , Development of draft tube in hydro-turbine: A Review, International Journal of Ambient Energy • October 2015
- 9- FrançoisAVELLAN, Introduction to cavitation in hydraulic machinery, the 6th