

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

الحسن مطيع عيود^{1*} غسان زيدان² حمزة مكارم³

^{1*} مهندس في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

AlhasanAyoud@damascusuniversity.edu.sy

² أستاذ، دكتور، قسم الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

GhassanZedan@yahoouniversity.edu.sy

³ أستاذ مساعد، دكتور، قسم الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

HamzaMakarem@damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

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

تتنوع 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 الفواقد وخفض المردود لذا تم العمل في هذا البحث على تحديد التموضع الأمثل لريش تقويم الجريان ضمن القناة وصولاً للعلاقة الهندسية النازمة وربطها مع البعد المرجعي الأساسي في أقينية التصريف وهو قطر الدوالب العامل وذلك من خلال إجراء عدة تجارب معتمدين في ذلك على تقنيات المحاكاة الحاسوبية وبرنامج ANSYS FLUENT.

الكلمات المفتاحية: العنفات المائية – الأداء الهيدروليكي – قناة التصريف-كاسرات الدوامات.

تاريخ الإيداع: 2023/3/31

تاريخ القبول: 2023/5/30



حقوق النشر: جامعة دمشق –

سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق

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*¹ Ghassan Zedan² Hamza Makarem³

*¹. Engineer, Department of Mechanical Engineering, Faculty of mechanical and electrical Engineering, Damascus University.

AlhasanAyoud@damascusuniversity.edu.sy.

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

GhassanZedan@damascusuniversity.edu.sy.

3. Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of mechanical and electrical. 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

المقدمة:

أما بالنسبة للضاغط فهو حوالي 46[m] والتصريف حوالي

$$[1].(297[m^3] / (s))$$

تم اختيار طول الريشة $L=500$ mm ارتفاعها أيضاً 500 mm أما بالنسبة للسماكة فنعتمد على العلاقة التي تحدد

مجال السماكة الأعظمي:

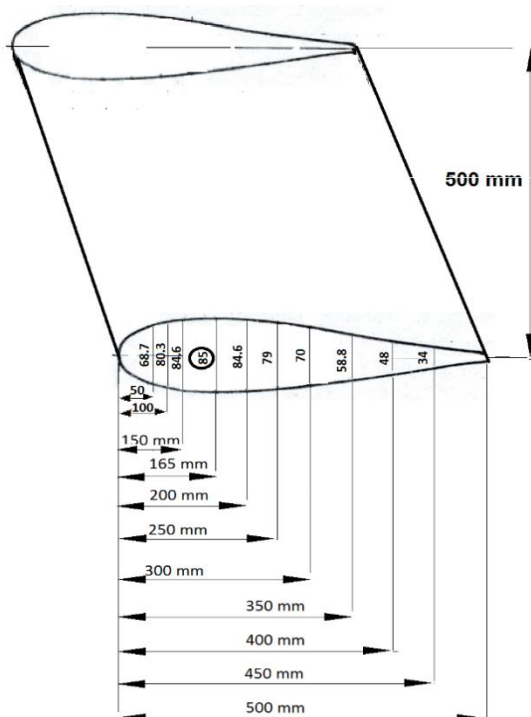
$$\delta_{max} = \delta / L = (0.15 \div 0.2) \quad (1)$$

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

حيث: δ سماكة الريشة وتتخذ كنسبة من L طول الريشة،

وكون مقطع الريشة متغير السماكة كما يظهر الشكل (1)

تؤخذ سماكة الريشة العظمى في المجال $(0.15 \div 0.2)$ من L طول الريشة.



الشكل (1) الأبعاد الهندسية لريشة تقويم الجريان

تمت دراسة هذه الريشة ووضعها ضمن القناة حاسوبياً،
وبيين الشكل (2) المناسيب الجغرافية والأبعاد الهندسية لقناة
التصريف المستخدمة في عنفة كابلان في سد الفرات.

تعمل ريش تقويم الجريان على كسر الدوامات وتقويم
الجريان لإزالة الاضطرابات وبالتالي تخفيف الفواقد 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 الدولاب
العامل.

أولاً-هدف ومبررات البحث:

استخدام الطرق العددية وخصائص CFD لدراسة وتحليل
أثر تموضع ريش تقويم الجريان في كسر الدوامات المتشكلة
في أفنية التصريف وما يترتب على ذلك من تأثير على
أداء العنفات في المحطة الكهرومائية في سد الفرات،
وصولاً لوضع علاقة هندسية ناظمة بدلالة بعد الدولاب
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 المقترح 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 لتقوم العنفة
الواحدة بتوليد 110[MW] بقطر دولاب العنفة 6[m]،

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف..... عيود، زيدان ومكارم

الجدول (1) علاقة الأبعاد الهندسية الرئيسية بقطر الدولاب العامل

وقيمة بواددة القياس [m] ضمن مجال العمل:

الرمز	العلاقة الهندسية بالبعد D1	القيمة
D1	D1	6
D3	$D3=0.973 \times D1=5.838$	5.838
h4	$(1.1 \div 1.2) D1=7.2$	7.2
h	$1.915 D1 \leq 2.6 D1=13.8$	13.8
h5	$(1 \div 1.7) D1 = 7.06$	7.06
B5	$(2.2 \div 2.7) D1=16.5$	16.5

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 والاضرابات وتحقيق جريان انسيابي بسرعة خروج منخفضة.

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

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

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

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

v_5 قيمة متغيرة حسب الحالة المدروسة بنتيجة تغير الفواقد 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 مستوي تموضع الشفرات، وتمت دراسة تأثير تغير عمق الريش تحت مدخل القناة على سرعة الخروج وبالتالي على الفواقد والمردود، بتطبيق برنولي بين مستوي مدخل القناة 3-3 ومستوي السطح الحر للسائل 5-5 في خزان الخروج

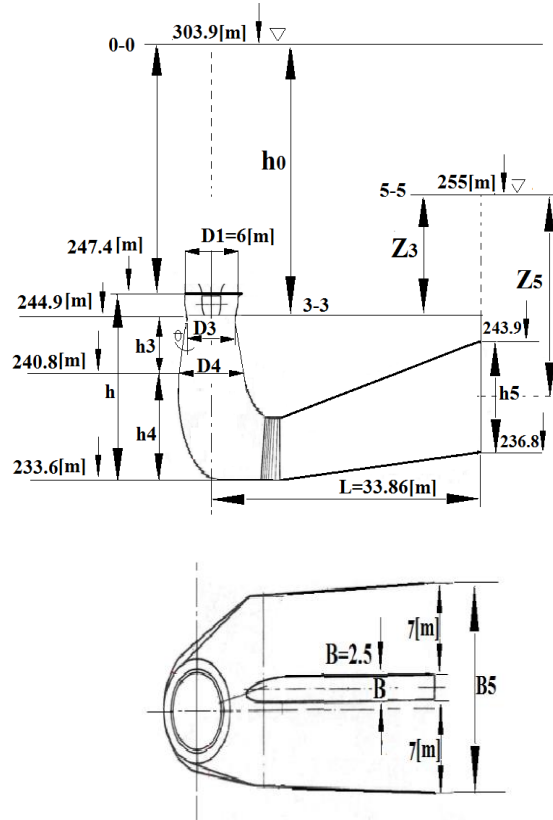
$$\frac{P_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} - Z_3 = \frac{P_5}{\gamma} + \frac{v_5^2}{2g} - Z_5 + \sum h_{3 \rightarrow 5}$$

3-1-1- العنفة المائية المستخدمة:

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

3-2- الدراسة الرياضية والتحليلية للقناة:

تقوم قناة التصريف بالاستفادة من الطاقة الحركية الضائعة الخارجة من الدولاب العامل. [3,4,5]



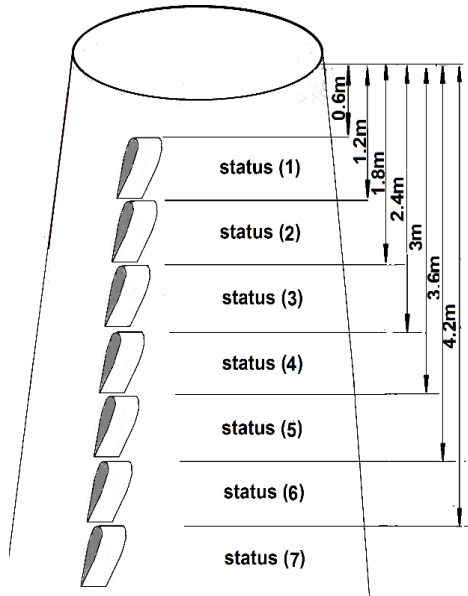
الشكل (2) مناسيب المياه في قناة التصريف المنحنية ذات الكوع مع أبعاد القناة في سد الفرات [5]

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

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

3-2-2- الدراسة الحاسوبية للقناة:

الجدول (2) المعلومات الأساسية الخاصة بالشبكة

نوع العنصر	عدد العناصر	عدد العقد
رباعي السطوح	1507186	496327

حيث قمنا بزيادة عدد الخلايا في منطقة المخروط لأهميتها وتأثيرها على مشكلة البحث، واخترنا عدد الحواف والسطوح المدروسة بعد تحديدها بـ 27 حافة، وتم اختيار 200 عنصر لكل حافة بغية كثافة العناصر عند الحواف وفي باقي الأسطح 35 عنصر ويظهر الشكل التالي الفرق بين الشبكة المولدة أوتوماتيكياً والتي تحتوي على عدد عناصر وعقد قليل نسبياً وبين الشبكة التي تم إعدادها لمراعاة دقة الحل، وتم اختيار الدقة التي ينتهي عندها الحل بالقيمة $(-6) \times 10^{-1}$ أما عدد مرات تكرار الحل فقد تم

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

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

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

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

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

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 والفواقد والضغط عند مدخل القناة ويظهر الشكل (3) الحالات

المدروسة لتموضع 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 الخزائين

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)

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

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

$$[v]_3 = 11.09 [m / s]$$

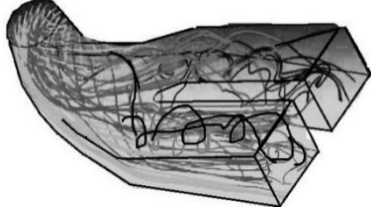
بالتعويض وإعادة الترتيب نحصل على المعادلة رقم (4)

التي تشير إلى علاقة سرعة خروج الجريان من القناة وتأثرها بضغط السائل عند الدخول إلى القناة والذي سيكون مختلف بين كل تجربة وأخرى حيث سيتم الحصول على

قيم v_3 كنتيجة لكل إجراء تجريبي على البرنامج الحاسوبي.

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

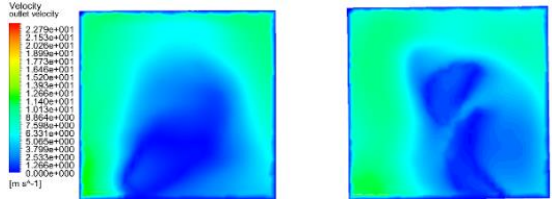
اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف..... عيود، زيدان ومكارم
تحديد عمقها بالقيمة 1000 حيث أنه إذا تم الوصول للدقة المطلوبة يتوقف الحل عندها، أما في حال عدم الوصول إلى هذه الدقة فإن الحل يستمر بالتكرار حتى 1000 مرة كما يظهر الشكل (4) والجدول (2) عدد الخلايا الكبير في المناطق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



الشكل (5) خطوط التيار ضمن أنبوب التصريف

أيضاً يتبين تغيرات السرعة عند الخروج في الشكل (6)

المعالج ببرنامج Ansys fluent



الشكل (6) تغيرات السرعة عند مخرج القناة

3-3- التجارب الحاسوبية:

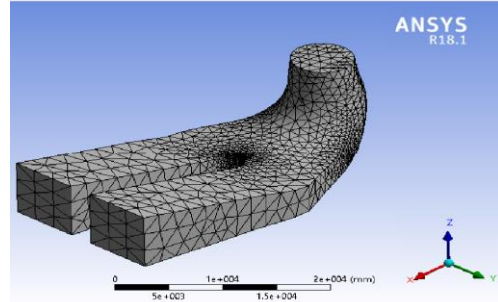
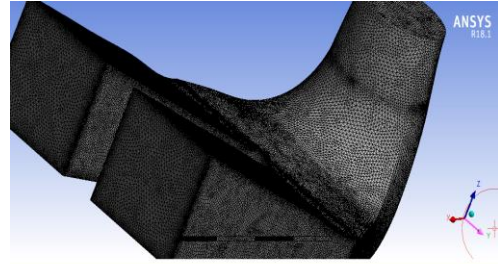
تم وضع الشفرات لتقويم الجريان وأعدنا التجربة أكثر من مرة، وذلك كما يلي:

3-3-1- التجربة الأولى:

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

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

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



الشكل (4) الشكل المعالج عبر برنامج ANSYS

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

$$\rho = 0.997 [kg / m^3] \text{ كثافة الماء: } ^\circ C$$

$$g = 9.81 [m / s^2] \text{ تسارع الجاذبية الأرضية:}$$

$$v_3 = 11.2 ([m] / [s]) \text{ سرعة الدخول إلى القناة}$$

ضغط الخروج من القناة

$$P_5 = 2.43 [bar]$$

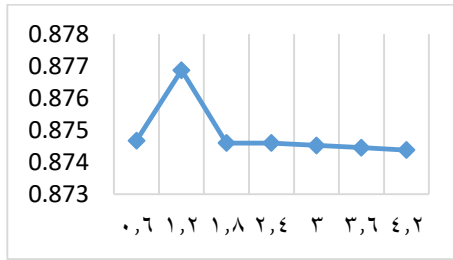
3-2-2-2- نمذجة القناة الأصلية:

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف..... عيود، زيدان ومكارم

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 متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (4) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 8 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

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



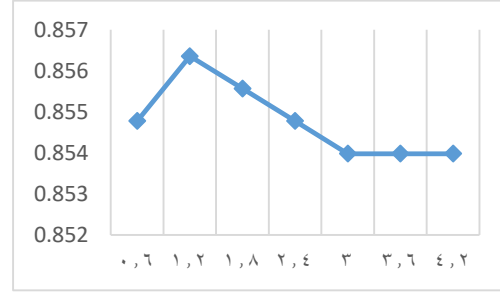
الشكل (9) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 8 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

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 متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

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

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



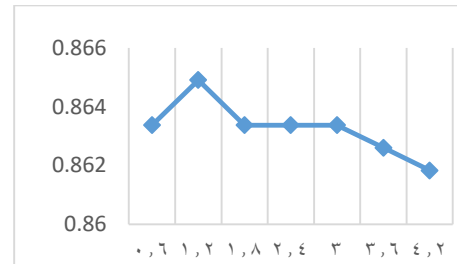
الشكل (7) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 8 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

3-3-2 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 متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

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

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



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

3-3-3 التجربة الثالثة:

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف..... عيود، زيدان ومكارم

مجموعة مؤلفة من 7 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

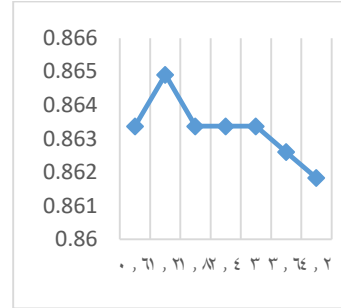
10 درجة، عند عمق 0.6-1.2-1.8-2.4-3-3.6-4.1

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

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

10 درجة على المردود

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



الشكل (10) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة

من 7 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

3-5- التجربة الخامسة:

مجموعة مؤلفة من 7 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

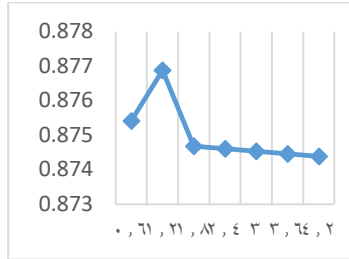
20 درجة، عند عمق 0.6-1.2-1.8-2.4-3-3.6-4.1

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (6) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 7 ريش بزاوية

20 درجة على المردود

العمق	η	h3-5	V_{out}
0.6	0.875412	2.342936	3.39
1.2	0.876878	2.315372	3.37
1.8	0.875045	2.349852	3.395
2.4	0.87475	2.355393	3.399
3	0.874676	2.356779	3.4
3.6	0.873938	2.370663	3.41
4.2	0.873938	2.370663	3.41



الشكل (12) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة

من 7 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

3-7- التجربة السابعة:

مجموعة مؤلفة من 6 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

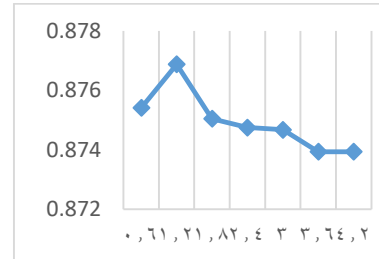
30 درجة، عند عمق 0.6-1.2-1.8-2.4-3-3.6-4.1

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

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

30 درجة على المردود

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



الشكل (11) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة

من 7 ريش بزاوية 20 درجة على المردود

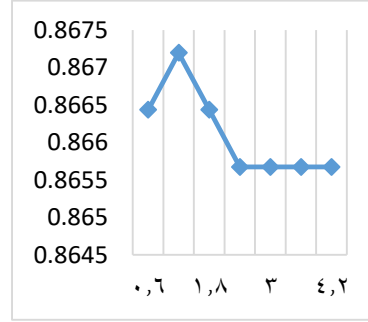
3-6- التجربة السادسة:

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف..... عيود، زيدان ومكارم

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

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

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



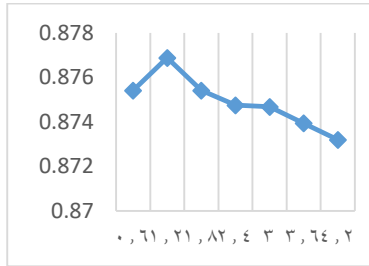
الشكل (13) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 6 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

3-3-8- التجربة الثامنة:

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

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

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



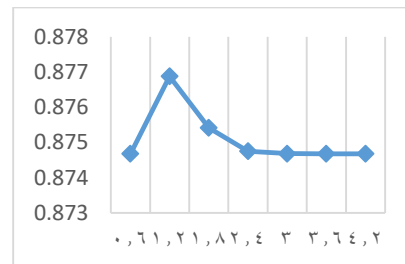
الشكل (15) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 6 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

3-3-10- التجربة العاشرة:

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

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

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



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

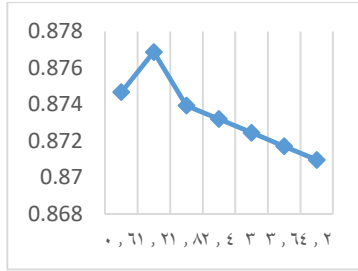
3-3-9- التجربة التاسعة:

اختيار العمق الأمثل لتموضع ريش تقويم الجريان تحت مدخل قناة التصريف..... عيود، زيدان ومكارم

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

الجدول (13) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 4 ريش بزاوية
10 درجة على المردود

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



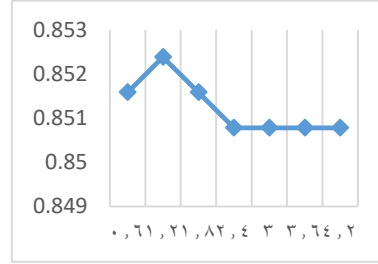
الشكل (18) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة
من 4 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

3-3-13- التجربة الثالثة عشرة:

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

الجدول (14) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 3 ريش بزاوية
30 درجة على المردود

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



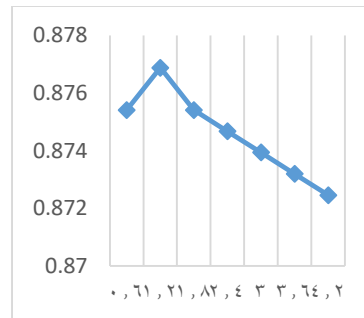
الشكل (16) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة
من 4 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

3-3-11- التجربة الحادية عشرة:

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

الجدول (12) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 4 ريش بزاوية
20 درجة على المردود

العمق	η	h3-5	V_{out}
0.6	0.875412	2.342936	3.39
1.2	0.876878	2.315372	3.37
1.8	0.875412	2.342936	3.39
2.4	0.874676	2.356779	3.4
3	0.873938	2.370663	3.41
3.6	0.873197	2.384587	3.42
4.2	0.872455	2.398552	3.43



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

3-3-12- التجربة الثانية عشرة:

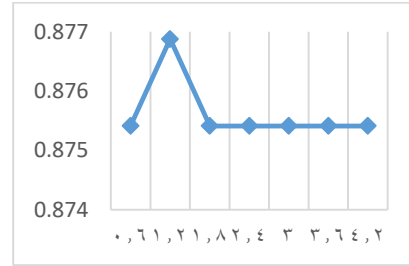
عيود، زيدان ومكارم

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

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

10 درجة على المردود

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



الشكل (19) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة

من 3 ريش بزاوية 30 درجة على المردود

3-14- التجربة الرابعة عشرة:

مجموعة مؤلفة من 3 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

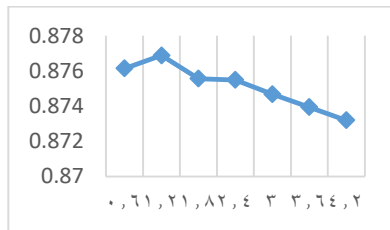
20 درجة، عند عمق 0.6-1.2-1.8-2.4-3-3.6-4.1

متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

الجدول (15) تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة من 3 ريش بزاوية

20 درجة على المردود

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



الشكل (21) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة

من 3 ريش بزاوية 10 درجة على المردود

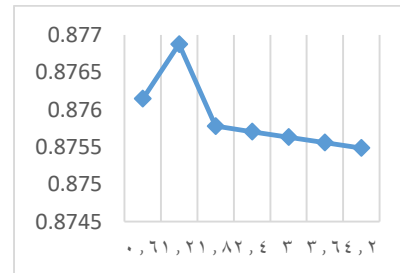
يبين الجدول (17) القيم العظمى للمردود في التجارب والتي

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	η
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



الشكل (20) مخطط بياني يبين تأثير عمق تموضع مجموعة مؤلفة

من 3 ريش بزاوية 20 درجة على المردود

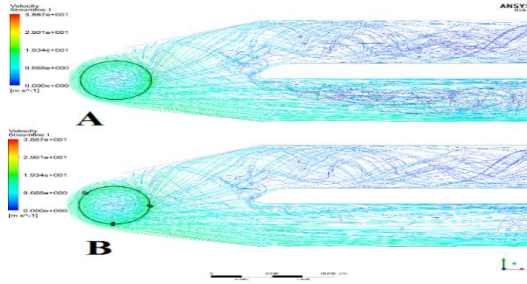
3-15- التجربة الخامسة عشرة:

مجموعة مؤلفة من 3 شفرات مقومة للجريان بتموضع زاوي

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

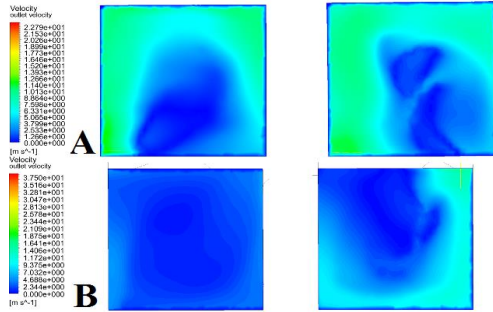
متر أسفل مقطع الدخول وقبل الكوع الامتصاص.

عيود، زيدان ومكارم



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.



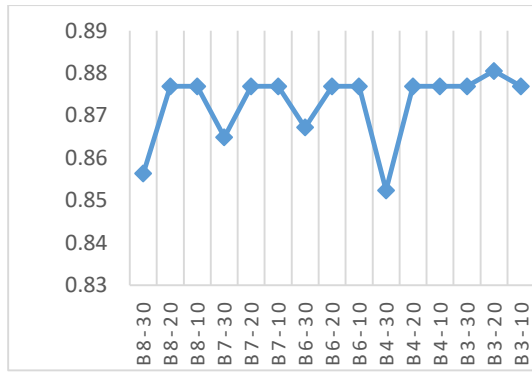
الشكل 24 محاكاة سرعة خروج السائل من قناة التصريف الأصلية (A) ومن القناة المزودة بريش تقويم الجريان (B).

بمناقشة موقع وعدد كاسرات الدوامات المستخدمة نلاحظ أنه عندما تم استخدام أنبوب التصريف مع كاسر دوامات بشفرات تقويم جريان عند تموضع قريب من كوع الامتصاص، مع تموضع زاوي معين فقد أثر ذلك سلباً وانخفضت 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 الدوالب العامل، وبهذه الطريقة، فإنها تساعد على ضبط وتقليل انفصال الطبقة الحدية، مما يؤدي إلى تحسين تماثل التدفق عبر المقطع العرضي وإزالة الاضطراب منه عن

اختيار العمق الأمثل لتموضع 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 متموضعة 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 الأنبوب الأصلي وجريانه ضمن الأنبوب المقترح.

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 والدوران في الأنبوب المقترح، أي أن قيمة سرعة الجريان في القناة الأصلية أعلى من قيمتها في القناة المقترحة وبذلك يتم استثمار الطاقة الحركية الضائعة في زيادة الضاغطة على الدوالب العامل وبالتالي زيادة الكفاءة من خلال كاسر الدوامات المقترح وهو مجموعة ريش تقويم الجريان والذي قام بتنظيم الدوامات المضطربة بحيث تنخفض السرعة ويستقر جريان السائل بدلاً من تأرجحه واضطرابه.

عيود، زيدان ومكارم

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

طريق كسر بعض الدوامات الحلزونية 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 $2.6[MW]$ ومن

أجل 8 عنفات تكون الزيادة $21[MW]$

النتائج:

1. يمكن أن يسبب كاسر الدومة 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 الدومة كبيراً جداً، فسوف ينتج عنه الكثير من الاضطرابات في التدفق، مما يسبب ضرراً أكبر من الفائدة وعليه فإن العمق الأفضل في بداية ناشرة 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 الأنبوب، ليس فقط في ظروف العمل المثلى ولكن أيضاً في حالات أخرى.

4. إن المقترح الجديد لتصميم القناة والذي اعتمد على تخفيض 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 $21[MW]$.

3-4- وضع علاقة العمق الأمثل لتموضع

الشفرات:

يؤخذ الطول من مدخل القناة وحتى قعر كوع الامتصاص

في المجال:

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

العمق الأمثل S هو 1.2 m

بنسبة 20% من ارتفاع قناة التصريف وهو البعد 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

العمق 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 المستنتجة 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

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

الاستطاعة قبل التعديل:

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

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

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

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 لسدي الفرات والبعث لتقييم حالة المنشآت ووضع توصيات لتحسين معايير الأمان، الشركة المساهمة " المركز الهندسي UES الروسي، معهد هيدروجكت، 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.В.БАРЛИТ,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