

A Study of the Static Durability of the Valve Closure Component Using Materials Resistance Methods and Flexibility Theory

Dr. Mouna Safi Esber*
Dr. Awatef Wahid Nasra**

(Received 27 / 1 / 2020. Accepted 15 / 6 / 2020)

□ ABSTRACT □

This work aims to find approximate relationships to calculate the static durability of ball valve disc valves, based on material resistance and flexibility theory.

Three groups were obtained, and these groups represent three mathematical charts, each of which corresponds to specific relationships obtained to calculate the stresses generated in the dish.

Keywords: static durability - valve closure component - materials resistance methods - flexibility theory.

* Associate Professor, Marine Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Associate Professor, Marine Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

دراسة المتانة الستاتيكية لعنصر اغلاق الصمامات باستخدام طرق مقاومة المواد ونظرية المرونة

د. منى صافي اسير*

د. عواطف وحيد نصره**

(تاريخ الإيداع 27 / 1 / 2020. قُبِلَ للنشر في 15 / 6 / 2020)

□ ملخص □

يهدف هذا العمل إلى إيجاد علاقات تقريبية لحساب المتانة الستاتيكية للصمامات القرصية ذات الأطباق الكروية، وذلك بالاعتماد على مقاومة المواد ونظرية المرونة. تم الحصول على ثلاث مجموعات، وهذه المجموعات تمثل بثلاثة مخططات حسابية، كل من هذه المخططات يوافق علاقات محددة تم الحصول عليها لحساب الإجهادات المتولدة في الطبق.

الكلمات المفتاحية: المتانة الستاتيكية - عنصر اغلاق الصمامات - طرق مقاومة المواد - نظرية المرونة.

* أستاذ مساعد - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** أستاذ مساعد - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

تسريع تطوير الصناعات الكيميائية والبتروولية والغازية يتطلب التطوير المتلاحق للضواغط المكبسية، والتي تعتبر الشكل الأهم للأجهزة والمعدات التكنولوجية أو التقنية لهذه الصناعات. الاتجاه الأساسي لتحسين تطوير المؤشرات التقنية والاقتصادية للضواغط المكبسية يكون في زيادة سرعتها، وهذا يعني زيادة تردد دوران عمود المرفق، وكذلك سرعة المكبس الوسطية. أحد الأسباب التي تحد من تطور الضواغط في هذا المجال يعتبر مسألة الصمامات ذاتية التأثير حيث أن زيادة سرعة دوران العمود يؤدي إلى زيادة الأحمال الدافعة على صفائح الصمامات مما يخفض من وثوقية أداء أو فعالية الصمامات. وإن حل مشكلة زيادة سرعة الضواغط المكبسية يتم من خلال الدراسات والأبحاث النظرية والتجريبية لحركة صفائح الصمامات، وإظهار تأثير كافة العوامل على عملها بهدف تحديد الإجهادات الستاتيكية المتولدة في الصمامات، وتأثير ذلك على وثوقية الصمامات وذلك من خلال دراسة المتانة الستاتيكية لعنصر اغلاق الصمامات.

أهمية البحث وأهدافه:

زيادة فعالية الضواغط المكبسية عن طريق تحسين الخواص الديناميكية والغازوديناميكية للصمامات والوصول بها إلى بارامترات مثالية واختصار الزمن والجهد المبذول لإنتاجها من خلال تحديد تأثير العوامل المختلفة على عملها. أما هدف البحث فهو دراسة المتانة الستاتيكية وتحديد الإجهادات المتولدة في عنصر اغلاق الصمامات تحت تأثير هبوط الضغط عليها.

النتائج والمناقشة:

الطريقة المبسطة لحساب المتانة الستاتيكية للصفائح الحلقية والقرصية للصمامات الفجوية تحت تأثير هبوط الضغط (ΔP). بالموافقة مع المراجع [1، 2، 3] التي تقوم على إيجاد القيم العظمى لإجهادات الانحناء في شريحة بعرض واحد حيث تدرس كعارضة أو (جائز) مثبتة من نهايتها وواقعة تحت تأثير حمولة موزعة بانتظام، شكل (1)، عندئذ يُعطى إجهاد الانحناء بالعلاقة التالية:

$$\sigma_{u3} = \frac{3}{4} \cdot \Delta P \left(\frac{a+b}{\delta} \right)^2 \quad (1)$$

حيث:

a - عرض الحافة المثبتة (المحكمة السد)،

b - عرض قناة المقعد،

δ - سماكة الصفيحة.

الإجهادات المحسوبة بهذه الصفيحة تكون أعلى بحوالي (30%) من الفعلية الموافقة للعمل [1].

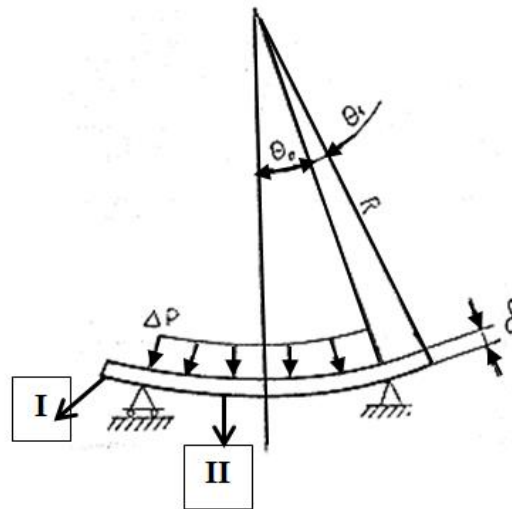
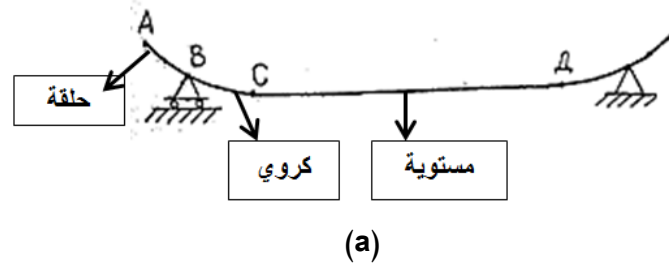
من أجل حساب الإجهاد في منتصق صفيحة بطول l للصمام الفجوي فإنه يمكن استخدام العلاقة الموافقة [2]:

$$\sigma_{u3} = \frac{4,8 E h_{max} \cdot \delta}{\rho^2} \quad (2)$$

أما الإجهاد الواقع على لسان الحماية لصفحة الصمام مستقيم التدفق بطول l نستخدم العلاقة التالية وفق المرجع [1]:

$$\sigma_{u3} = \frac{5}{2} \cdot \frac{E h_{max} \cdot \delta}{l^2} \quad (3)$$

أما بالنسبة لحساب المتانة الستاتيكية للأطباق الكروية في الصمامات القرصية فإنه لم يتم الحصول على صيغة مناسبة لشكل الطبق ينصح باستخدامها. في هذا البحث سيتم محاولة الحصول على علاقات تقريبية لتعيين وتقييم الإجهادات المتولدة في الطبق حيث يتم فرض الطبق عبارة عن حزام كروي (نطاق)، والصفحة القرصية تُعتبر هي الأساس والسطح الكروي مثبت (مدعم) أثناء الهبوط على المقعد، شكل (1a).



(b)
الشكل (1)

يقترض في الحساب الستاتيكي تحديد الإجهادات المتولدة في الصحن المدعمة في محيطها والواقعة تحت تأثير الأحمال الموزعة بانتظام (هبوط الضغط)، لكن على الرغم من وجود دراسات مرجعية كثيرة بنظرية المرونة وطرق حساب متانة العناصر المختلفة للآلات إلا أنه لم توجد طريقة ملائمة لحساب الصمامات ذات الأطباق الكروية، لهذه الأسباب نجد أنفسنا أمام عدة مسائل (سنتعرض لها عند بحث ودراسة الأطباق بشكل حقيقي وفعلي. هذا الكم من المتاعب أو المضاعف عن متانة الحلقة AB والغلاف الكروي BC، الصفحة الدائرية CD وإمكانية الحل في أماكن العبور من شكل إلى آخر. هذه الحالة تستدعي إجراء دراسات تقريبية عن الحالة الإجهادية بطبق الصمام.

بالنظر إلى المخطط المبين في الشكل (1b) يمكن أن نفترض أن طبق (صحن) الصمام يتألف من حلقة خارجية ا وغلاف مسطح (مستوي) داخلي || حدود التقسيم بينهما عبارة عن خط الارتكاز الحر (أستناد حر). تُكتب الشروط الافتراضية على الشكل التالي:

شروط التسطح q_0 :

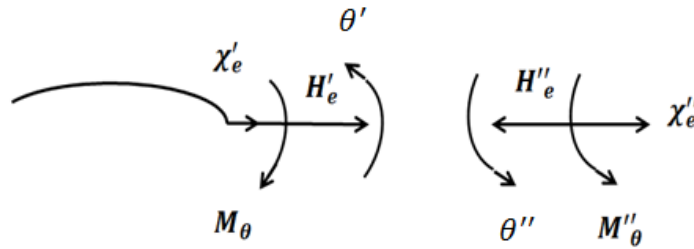
$$q_0 = \sqrt[4]{12(1-\mu^2)} \cdot \sqrt{\frac{R}{\delta}} \cdot \theta_0 = 1 + \varepsilon \quad (4)$$

$$q_0 = 1 + \varepsilon \quad (5)$$

حيث: $\varepsilon > 1$ معامل يونغ،

μ - معامل (ثابت) بواسون.

مخطط الحساب سيأخذ الشكل التالي:



حيث: $-M_\theta$ عزم الإنحناء،

$-H_e$ قوة (إجهاد) الشد،

θ', θ'' - زاويا الدوران (الانعطاف) للمقطع،

$-\chi_e$ - الإزاحة.

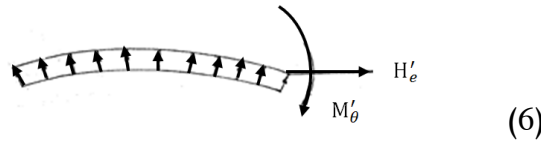
وهكذا نجد أنه من الضروري حل مسألتين بشكل مستقل الواحدة عن الأخرى حيث واحدة للحلقات والأخرى للغلاف، ومن ثم إجراء مطابقة.

• حساب الغلاف:

نعتبر من أجل $0 \leq \theta \leq \theta_0$ أنه لا يوجد عزم، توجد قوة الشد الموافقة $H_e^{(0)}$ ، والإزاحة $\chi_e^{(0)}$:

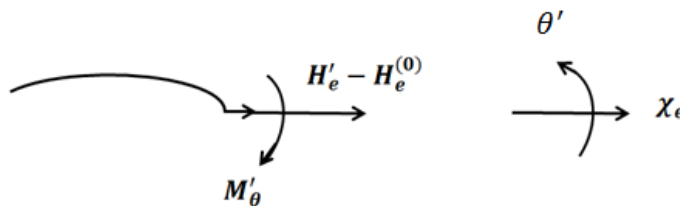
$$H_e^{(0)} = \frac{\Delta P \cdot R}{2} \cos \theta_0$$

$$\chi_e^{(0)} = \frac{\Delta P \cdot R^2}{2\delta \cdot E} \sin \theta_0$$



$$\Delta P = \text{const}$$

المخطط المكافئ والمطابق للمسألة المدروسة:



وتحت تأثير القوى المبينة على طرفي الغلاف تنشأ زاوية دوران (انعطاف):

$$v = \frac{R \cdot \sin \theta_0}{4 \cdot D(1 + \mu)} \left[\alpha_1 (H'_e - H_e^{(0)}) R \cdot \sin \theta_0 - 4 \alpha_2 M'_\theta \right] \quad (7)$$

الإزاحة الأفقية تساوي:

$$\chi'_e - \chi_e^{(0)} = \frac{R \cdot \sin \theta_0}{4 \cdot D(1 + \mu)} \left[R \cdot \frac{\delta^2}{3} \cdot (H'_e - H_e^{(0)}) \cdot \beta_2 \cdot R \cdot \theta_0 \cdot \sin \theta_0 \cdot M'_\theta \right] \quad (8)$$

حيث المقدار D يُعطى بالعلاقة التالية:

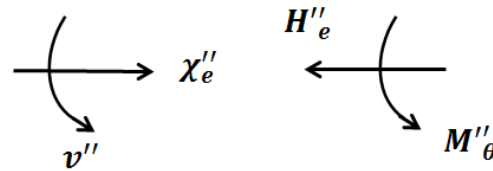
$$D = \frac{E \cdot \delta^2}{12(1 - \mu^2)}$$

ويمكن أن نرمز للمقادير $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ التالية بـ:

$$\alpha_1 = \frac{1 - \frac{q_0^4}{128}}{1 + \frac{1}{1+\mu} \cdot \frac{q_0^4}{96}} \quad \alpha_2 = \frac{1}{1 + \frac{1}{1+\mu} \cdot \frac{q_0^4}{96}} \quad (9)$$

$$\beta_1 = \frac{1 - \frac{1}{1-\mu^2} \cdot \frac{q_0^4}{12}}{1 + \frac{1}{1+\mu} \cdot \frac{q_0^4}{96}} \quad \beta_2 = \frac{1 - \frac{q_0^4}{128}}{1 + \frac{1}{1+\mu} \cdot \frac{q_0^4}{96}}$$

في حال كان الغلاف مسطح بشكل كبير فإن $q_0 \approx 1$ عندئذ يمكن افتراض أن $\alpha_1 \approx \alpha_2$ و $\beta_1 \approx \beta_2$.
• دراسة الحلقة:



$$\theta'' = M'_\theta \cdot R^2 \cdot \sin^2 \left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) ; \quad J_2 = \frac{\delta^2 \cdot R \cdot \theta_1}{12}$$

حيث: θ'' - زاوية الدوران،

J_2 - عزم العطالة.

أو:

$$\theta'' \approx \frac{12 \cdot R}{E \cdot \delta^2} \sin^2 \left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \cdot M''_\theta ; \quad (\theta_1 \ll \theta_0) \quad (10)$$

$$\chi_e'' = -\frac{R^2 \cdot \sin^2 \theta_0}{\delta \cdot R \cdot \theta_1 \cdot E} H_e'' = -\frac{R \cdot \sin^2 \theta_0}{\delta \cdot E \cdot \theta_1} H_e'' \quad (11)$$

العلاقة (10) مأخوذة من [4, 5]، والعلاقة (11) مأخوذة من الطول الهندسية، ومنه شروط مقارنة الغلاف مع الحلقة:

$$\theta' = \theta'' ; \quad \chi'_e = \chi_e'' \quad (12)$$

$$M'_\theta = M''_\theta = M_\theta ; \quad H'_e = H_e'' = H_e$$

بتعويض العلاقات (7) - (11) في (12) نحصل على معادلتين لتحديد M_θ و H_e :

$$\frac{R \cdot \sin\theta_0}{4 \cdot D(1 + \mu)} \left[\alpha_1 \cdot \left(H_e - \frac{\Delta P \cdot R}{2} \cos\theta_0 \right) R \cdot \sin\theta_0 - 4\alpha_2 M'_\theta \right] = \frac{12 \cdot R}{E \cdot \delta^2} \cdot \frac{\sin^2\theta_0}{\theta_1} M_\theta$$

$$\frac{R \cdot \sin\theta_0}{4 \cdot D(1 + \mu)} \left[\beta_1 \cdot \frac{\delta^2}{3} \left(H_e - \frac{\Delta P \cdot R}{2} \cos\theta_0 \right) - \beta_2 \cdot R \cdot \theta \sin\theta_0 M_\theta \right] = - \frac{R}{\delta \cdot E} \frac{\sin^2\theta_0}{\theta_1} \cdot H'_e - \chi_e^{(0)}$$

أو يمكن كتابة المعادلتين بالشكل:

$$\begin{aligned} \alpha_1 \cdot R \cdot \sin\theta_0 H_e - 4 \left[\alpha_2 + \frac{\sin\theta_0}{(1 + \mu)\theta_1} M_\theta \right] &= \frac{\alpha_1}{4} \cdot \Delta P \cdot R^2 \cdot \sin 2\theta_0 \\ \left[\beta_1 + \frac{\sin\theta_0}{(1 - \mu)\theta_1} \right] H_e - \frac{3R \cdot \beta_2}{\delta^2} \theta \sin\theta_0 M_\theta &= \frac{\Delta P \cdot R}{2} (1 + \beta_1 \cdot \cos\theta_0) \end{aligned} \quad (13)$$

إن حل المعادلات (13) يسمح بتحديد قيمة D، فنجد:

$$D = 4 \left[\alpha_2 + \frac{\sin\theta_0}{(1 + \mu)\theta_1} M_\theta \right] \left[\beta_1 + \frac{\sin\theta_0}{(1 - \mu)\theta_1} \right] - 3 \frac{R}{\delta^2} \cdot \alpha_1 \cdot \beta_2 \cdot \theta \sin^2\theta_0 \quad (14)$$

عندئذ:

$$D \cdot H_e = \frac{2P \cdot R(1 + \beta_1 \cdot \cos\theta_0)}{\left[\alpha_2 + \frac{\sin\theta_0}{(1 + \mu)\theta_1} M_\theta \right] - \frac{3}{8} \alpha_1 \frac{R^2}{\delta^2} \cdot \theta_0 \sin\theta_0 \cdot \sin^2\theta_0} \quad (15)$$

$$D \cdot M_\theta = \alpha_1 \frac{P \cdot R^2}{\delta^2} \cdot \sin\theta_0 \left[\cos\theta_0 \left(\beta_1 + \frac{\sin\theta_0}{(1 - \mu)\theta_1} \right) + 1 + \beta_2 \cdot \cos\theta_0 \right]$$

بالنظر للحالة الخاصة عندما ($\theta_1 \ll \theta_0$) من الضروري استخدام:

$$\frac{\sin\theta_0}{\theta_1} \gg 1$$

وبالموافقة مع العلاقتين (14) و (15) نجد:

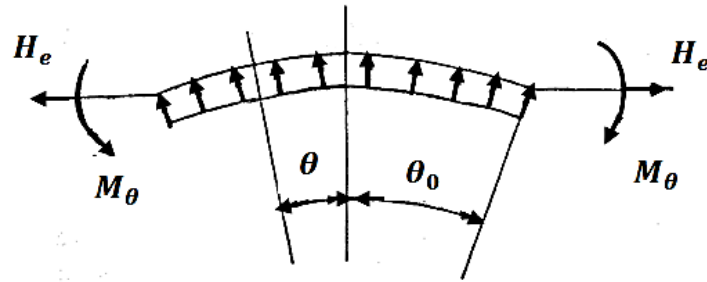
$$H_e = \frac{P \cdot R}{2} (1 - \mu) \frac{\theta_1}{\sin\theta_0} \cdot \frac{1 + \beta_1 \cdot \cos\theta_0 - \frac{3}{8} (1 - \mu) \alpha_1 \frac{R^2}{\delta^2} \cdot \theta_1 \cdot \theta_0 \cdot \sin 2\theta_0}{1 - \frac{3}{4} (1 - \mu)^2 \alpha_1 \cdot \beta_2 \cdot \frac{R^2}{\delta^2} \cdot \theta_1^2 \cdot \theta_0} \quad (16)$$

$$M_\theta = -\alpha_1 \frac{P \cdot R^2}{8} (1 - \mu) \frac{\theta_1}{\sin\theta_0} \cdot \frac{\cos\theta_0}{1 - \frac{3}{4} (1 - \mu)^2 \alpha_1 \cdot \beta_2 \cdot \frac{R^2}{\delta^2} \cdot \theta_1^2 \cdot \theta_0} \quad (17)$$

وبالتالي H_e و M_θ تنتهي إلى الصفر عندما $\theta \rightarrow \theta_1$.

• حل المسألة الأساسية للغلاف المشوه:

المخطط الحسابي يظهر على الشكل التالي:



مسألة مشابهة تمت دراستها من قبل باحثين كثر. نتائج جاهزة للقوى والعزوم المؤثرة في أي مقطع من الغلاف عندما $\theta = const$.

يمكن إيجادها كمثال في العمليين أو البحثين [3،1] للعلاقات الموافقة والمطابقة على درجة عالية من الصحة. أما تحديد القيم العظمى للقوى والعزوم كتابع لزاوية الدوران (الانحناف) تتصف بصعوبات حسابية كبيرة جداً، والحسابات لتحديدها جميعها عند $\theta = 0$. هذا يعني في قمة الغلاف أو أعلى الغلاف يمكن افتراض أنه عند زوايا دوران θ_1 صغيرة، وتحديداً في القمة والتي يتوقع أن يكون عندها الإجهاد أعظماً. وهكذا يمكن التعبير عن الإجهاد عند $\theta = 0$ بالشكل التالي:

$$\sigma = \sigma_\theta = \sigma_\varphi = \frac{T}{\delta} = \frac{6M}{\delta^2} \quad (18)$$

$$T = \frac{1 - \frac{q_0^4}{96} \cdot \frac{3+\mu}{1+\mu}}{1 + \frac{1}{1+\mu_0} \cdot \frac{q_0^4}{96}} \left(H_e - \frac{\Delta P \cdot R}{2} \cos \theta_0 \right) \sqrt{\frac{3(1-\mu)}{1+\mu}} \cdot \frac{1 - \frac{7q_0^4}{1152}}{1 + \frac{1}{1+\mu_0} \cdot \frac{q_0^4}{96}} \cdot \frac{\gamma^2 \theta_0^2}{2\delta} M_\theta + \frac{\Delta P \cdot R}{2} \quad (19)$$

$$M = - \frac{1 - \frac{25+7\mu}{3+\mu} \cdot \frac{q_0^4}{1152}}{1 + \frac{1}{1+\mu} \cdot \frac{q_0^4}{96}} \left(R \cdot \theta_0 \cos \theta_0 \frac{3+\mu}{8} \right) \left(H_e - \frac{\Delta P \cdot R}{2} \cos \theta_0 \right) \cdot \frac{1 - \frac{q_0^4}{96}}{1 + \frac{1}{1+\mu} \cdot \frac{q_0^4}{96}} M_\theta \quad (20)$$

حيث T القوة المؤثرة، و M عزم الانحناء.

هنا q_0 تحدد من العلاقة (5)، أما H_e و M_θ فتحدد من العلاقات (14) و (15)، ومن أجل زاوية θ_1 صغيرة من العلاقات (16) و (17). إذا كانت $\theta_1 \rightarrow 0$ فإن $H_e = M_\theta = 0$. عندها العلاقات (19) و (20) تأخذ الشكل المبسط التالي:

$$T = \frac{\Delta P \cdot R}{2} \cdot \left[\frac{1 - \frac{q_0^4}{96} \cdot \frac{3+\mu}{1+\mu}}{1 + \frac{1}{1+\mu_0} \cdot \frac{q_0^4}{96}} \cos \theta_0 \right] \quad (21)$$

$$M = \frac{\Delta P \cdot R^2 (3+\mu)}{2} - \frac{1 - \frac{25+7\mu}{3+\mu} \cdot \frac{q_0^4}{1152}}{1 + \frac{1}{1+\mu} \cdot \frac{q_0^4}{96}} \theta_0 \cdot \sin 2\theta_0 \quad (22)$$

هذه العلاقات خاصة بالصفائح، لذلك فإنه يمكن التعويض عن $R \rightarrow 0$ و $\theta_0 \rightarrow 0$ ، وهكذا يكون:

$$R \cdot \sin \theta_0 \sim R \cdot \theta_0 \rightarrow a$$

حيث a نصف قطر الصفیحة، وبالتالي يكون لدينا:

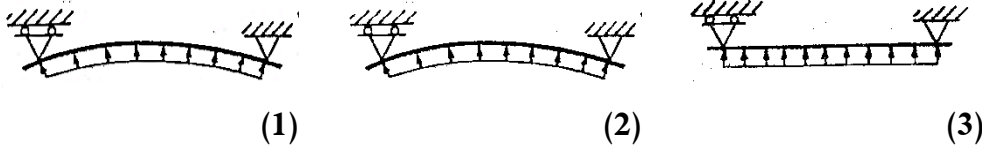
$$\lim q_0^4 = 12(1 - \mu^2) \frac{R^2 \cdot \theta_0}{\delta^2} \rightarrow 12(1 - \mu^2) \frac{R^2 \cdot \theta_0}{\delta^2} \rightarrow a(\theta_0^2)$$

$$\begin{aligned} \lim T &= \frac{\Delta P \cdot R}{2} \left[\frac{1 - \cos \theta_0}{2 \sin^2 \frac{\theta_0}{2}} + \frac{q_0^4}{96(1 + \mu)} (4 + \mu) \right] \rightarrow \frac{\Delta P \cdot R}{2} \theta_0^2 \left[\frac{1}{2} + \frac{q_0^4}{96(1 + \mu)} (4 + \mu) \right] \\ &\rightarrow \frac{\Delta P \cdot a}{2} \theta_0 \text{const} \\ &\rightarrow 0(\theta_0) \end{aligned} \quad (23)$$

وهذا يتوافق مع قيم عزم الانعطاف في مركز الصفیحة التي نصف قطرها a ، والمطابقة للسطح المجهد أو المماثلة للحمل أو الإجهاد الموزع بانتظام على السطح [3، 5، 6، 7، 8، 9، 10].

الاستنتاجات والتوصيات:

- وفقاً للطريقة المتبعة تم الحصول على ثلاث مجموعات من الصيغ التي تسمح بحساب الإجهاد، وذلك وفقاً لثلاثة مخططات حسابية مختلفة والمبينة في الشكل التالي:



- المخطط /1/ يوافق العلاقات (14) أو (15)، والمخطط /2/ يوافق العلاقات (16) و (17)، والمخطط /3/ يوافق العلاقة (23).

- من المخطط /1/ يتم حساب الطبقة بأقطار صغيرة بالمقارنة مع الجزء أو القطاع المستوي، وقطر خارجي حيث تم ملاحظة اختلافها عن قطر المؤخرة أو الحرف.

- من المخطط /2/ يجب حساب الطبقة الذي يختلف عن المذكور أعلاه بأن تأثير الحواف أو الأطراف العالية (المحدبة) يمكن إهمالها حيث تكون الزاوية θ_1 صغيرة جداً.

- من المخطط /3/ يتم حساب الطبقة بقطاعات مستوية مختلفة.

- اختبار المتغير q_0 يتم اختياره على الشكل التالي: وهو أن أكثر الأطباق تسطحاً تطابق القيم الأقل $1 \leq q_0 \leq 2$.

- من خلال قيمة q_0 المختارة يمكن إيجاد نصف قطر انحناء الغلاف.

- العلاقات التي يتم الحصول عليها لحساب الإجهادات تعطي إجهادات قيمها متناقصة عند حساب الطبقة كغلاف ومتزايدة عند حسابه كصفیحة مستوية.

يمكن الحصول على نتائج أكثر دقة بحساب المتانة الستاتيكية لعناصر إغلاق الصمامات باستخدام طريقة العناصر المنتهية، والتي تشتهر بشموليتها وإمكانية تطبيقها على الحاسب، كما أن هذه الطريقة مستقلة عن الشكل الهندسي للعنصر.

References:

- [1] B. C. Zerpsha. Statshka Tomkostemn shah oboiiozek B Rashamj. M. 1968.
- [2] *Properties of Materials and Their Tests*, authored by Prof. Dr. Mahmoud Imam and Prof. Muhammad Mahdi, Faculty of Engineering - Mansoura University, first part, first edition in 2007.
- [3] Beer, Ferdinand Pierre, Johnston, Elwood Russel, Dewoff. *Mechanics of Materials*, 5th edition, 978-0-07-352938-7 ISBN, p. 52, John T (2009)
- [4] С. П. Тилошцко. Сопротибдешя Материалоя. Т. П. Наука. 1965.
- [5] Kay. Теоршя уирузоцу. 1956. Гостехузгат.
- [6] П. А. Степчм. Сочротчблешч матерчаюр. Цзгатеш стю “Вышая шкою”. 1974.
- [7] Кочетв В Т. Кочтов А/ В., Павленко А. Д. Сопротивление Материалов. СПб: ЕХВ, 2004.
- [8] *Mechanical Properties of Materials* .Dana Al-Wahaden's book, the latest update 2018.
- [9] *Machinery Parts* .F .Doberovsky et al., Mir Printing and Publishing House.
- [10] KozetδB. В. Т. Kozetof A/В. ПафΛемкоА. G. сопотуфиемеие Материалуof. СМБ. БХВ2004, 544с.