مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

Thermal calculation of piston compressors based on the theory of similarity

Dr. Awatef Wahid Nasra[(1)]
Dr. Saeer Saleba[(2)]

(Received 12 / 9 / 2018. Accepted 10 / 2 / 2019)

□ ABSTRACT □

The aim of this research is to establish public relations to determine the basic parameters and values of the operation of air compressor compressors. Theses equations allow determining the basic dimensions production, and the consumption of the compressors by putting a set of differential equation describing the operation of the compressor. These equations are analyzed based on the second theory of similarity.
The obtained equations allow for the analyzing and changing of the compressor system in the investment conditions in order to increase its productivity and economy.

Keywords: Thermal calculation, compressors, parameters, theory of similarity.

[(1)]Associate professor, Marine Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
(2)Associate professor, Marine Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

الحساب الحراري للضواغط المكبسيّة بالاعتماد على نظرية التشابه

د. عواطف وحيد نصره[1]
د. سائر صليبا[2]

(تاريخ الإيداع 12 / 9 / 2018. قُبِل للنشر في 10/ 2 / 2019)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى إيجاد علاقات عامَّة لتحديد البارامترات والقيم الأساسية لعملية تشغيل الضواغط المكبسية الهوائية بحيث تسمح هذه المعادلات بتحديد الأبعاد الأساسية – الانتاجية – والاستطاعة المستهلكة للضواغط وذلك عن طريق وضع جملة معادلات تفاضلية تصف عملية التشغيل للضاغط. ويتم تحليل هذه المعادلات بالاعتماد على أساس النظرية الثانية للتشابه.

المعادلات التي تم الحصول عليها بتحليل وتغيير نظام عمل الضواغط المكبسية في ظروف الاستثمار وذلك بهدف زيادة انتاجيتها واقتصاديتها.

الكلمات المفتاحية: الحساب الحراري، الضواغط، البارامترات الأساسية للضواغط، نظرية التشابه.

[1] أستاذ مساعد – قسم البحرية – كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
[2] أستاذ مساعد – قسم البحرية – كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مقدمة:

تعد الضواغط من آلات المستهلكة للطاقة، وهي تستخدم في مجالات الصناعة وعلى نطاق واسع، لذلك يجب أن تتميز هذه الآلات بالاقتصادية والوثوقية. إن تحديد الأبعاد والمقاييس الأساسية والاستطاعة المستهلكة للضواغط المكبسية تشكل المسألة الأساسية للحساب الحراري.

إن تحديد هذه القيم مطروح ومحلول بالطرق التجريبية العامة، والتي يتم الحصول عليها من خلال تجريب واختبار الضواغط المكبسية الهوائية.

من أجل تعميم المعطيات التجريبية تم الاعتماد على نظرية التشابه كطريقة للحصول على العلاقات المعممة. في البداية كانت مطبقة لحل المسائل الأساسية لنظرية الآلات البخارية المكبسية، وبعدها لأجل الآلات المكبسية البخارية متعددة التمدد أو الاتساع تحت قيادة العالم كريتشوف [1, 2, 3, 4, 5].

من هنا تم تلخيص مسألة البحث في إيجاد علاقات معممة للمميزات والبارامترات الأساسية لعملية تشغيل الضواغط المكبسية الهوائية، والتي تسمح بتحديد الأبعاد، الحجوم الأساسية، الإنتاجية والاستطاعة المستهلكة للضواغط.

أهمية البحث وأهدافه:

إن تحديد الأبعاد الأساسية للضواغط، والاستطاعة المستهلكة والمردود للضاغط يشكل أهمية كبيرة، وذلك من أجل تحديد اقتصاديتها ووثوقيتها.

أما هدف البحث فهو تحديد البارامترات الأساسية للضواغط (الأبعاد – الحجوم الأساسية – الإنتاجية – نسبة الانضغاط – الاستطاعة المستهلكة) عن طريق إيجاد معادلات تفاضلية توصِّف عملية تشغيل الضواغط المكبسية بالاعتماد على أسس نظرية التشابه من أجل للحصول على علاقات معممة.

طرائق البحث ومواده:

لحل المسألة المطروحة تم وضع جملة معادلات تفاضلية توصف عملية تشغيل الضاغط المكبسي، الشروط المأخوذة بسيطة موحدة. تحليل المعادلات التفاضلية على أساس النظرية الثانية للتشابه التي سمحت بالحصول على العلاقات الأساسية المعممة:

$$\left.\begin{aligned}\sigma &= f_1(\pi_k)\\ \xi &= f_2(\pi_k)\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{\eta}{1+\varepsilon_M} \quad (2)$$

$$\xi = \frac{P_i}{P_H} \quad (3)$$

$$\pi_k = \frac{V_{BC}.F_m.a_H\sqrt{\left(1-\frac{P_{BC}}{P}\right)^{\frac{k-1}{k}}}}{V_H.D^2.S.n.\varepsilon_M} \quad (4)$$

في الاحتمالات σ، ξ و π_k تدخل القيم التالية:

ζ : معامل الإنتاجية (المردود)،

ε_M : درجة الفراغ الميت للاسطوانة في المرحلة الأولى،

P_i : الضغط المتوسط الدليلي في الضاغط منسوب إلى أسطوانة المرحلة الأولى ويقدر بـ (kg/cm^2)،

V_H ، V_{BC} : الحجم النوعي للهواء عند السحب والطرد ويقدر بـ (m^3/kg)

F_m : المساحة الكلية لشقوق (ثقوب) صمام الطرد للمرحلة الأخيرة m^2،

a_H : سرعة الصوت في الهواء (m/sec)،

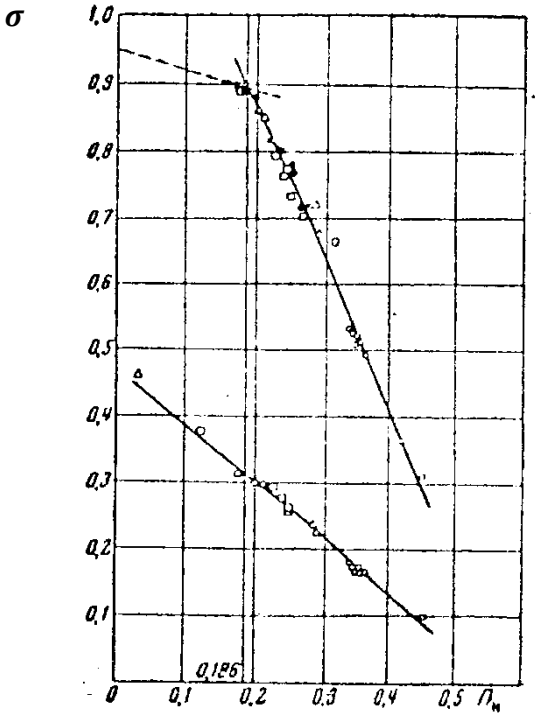
P_H ، P_{BC} : ضغط الهواء خلال السحب (الامتصاص/والطرد) (kg/cm^2)،

D : قطر الأسطوانة للمرحلة الأولى m ،

S : شوط المكبس m ،

n : عدد الدورات لعمود الضاغط في الدقيقة $(r.p.m)$.

الاختبارات التي أجريت على الضواغط سمحت بالتعبير عن العلاقات الاحتمالية (المفروضة) (1) بمجموعتين من النقاط التجريبية المبينة في الشكل (1).



الشكل (1): يبين مخطط توزع النقاط التجريبية. π_k

بين المخطط توزع النقاط التجريبية. إن هذه النقاط تعطي إمكانية التعبير عن العلاقة (1) بخطوط مستقيمة، والتي تطابق المعادلات التالية:

$$\sigma = 1{,}31 - 2{,}25\ \pi_k \tag{5}$$

$$\xi = 0{,}408 - 0{,}838\ \pi_k \tag{6}$$

المميزات الأساسية لعملية التشغيل للضواغط المكبسية ومعامل الإنتاجية ومتوسط الضغط الدليلي في الضاغط منسوبة لأسطوانة المرحلة الأولى يعبر عنها بالعلاقات التالية:

$$\eta = (1 + \varepsilon_M).\sigma \tag{7}$$

$$P_i = P_1.\xi \tag{8}$$

هذه المعادلات سمحت بالحصول على قيم معممة لحساب إنتاجية الضاغط V_k مقدرة بـ $(m^3/\sec)$:

$$V_k = 15.\pi.n.D^2.S.(1 + \varepsilon_M) \tag{9}$$

حيث D – قطر أسطوانة المرحلة الأولى مقدراً بالـ (m) ، ويساوي:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_k}{47{,}1.\alpha.\psi(1 + \varepsilon_M).n}} \tag{10}$$

حيث: α عدد التجاويف العاملة،

ψ تمثل النسبة بين شوط المكبس وقطر الأسطوانة.

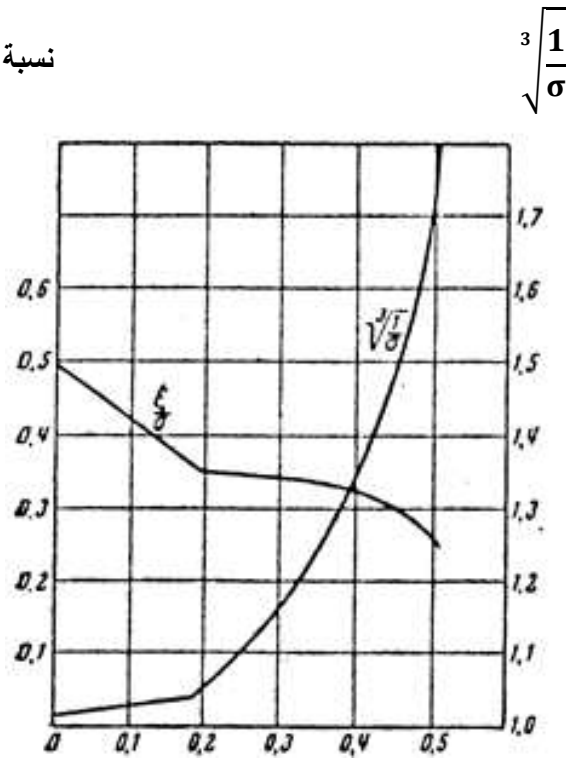
أما الاستطاعة الدليلية للضاغط N_i تُعطى بالعلاقة التالية:

$$N_i = 1{,}283.\alpha.D^2.S.n.P_k.\xi \tag{11}$$

الاستطاعة الدليلية النوعية N_{iy} منسوبة إلى $(m^3/\sec)$ من الهواء:

$$N_{iy} = 0{,}0272\frac{P_H}{(1 + \varepsilon_M)}.\frac{\xi}{\sigma}\ [kWatt] \tag{12}$$

من العلاقات (10) و (12) يدخل عوامل ضرب $\sqrt[3]{\frac{1}{\sigma}}$ و $\frac{\xi}{\sigma}$ والتي تغيرها يؤثر على تغير كل من قطر الأسطوانة D، والاستطاعة الدليلية النوعية N_{iy}. الرسم البياني لتغير $\sqrt[3]{\frac{1}{\sigma}}$ و $\frac{\xi}{\sigma}$ والذي يصف تغير D و N_{iy} بالنسبة لـ π_k كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2): يوضح تغير D و N_{iy} بالنسبة لـ π_k.

هذه المخططات تسمح بتحديد القيمة أو المجال غير المجدي لـ π_k:

$$\pi_k = 0{,}186 \div 0{,}274$$

عندما يكون:

$$\pi_k < 0{,}186$$

الاستطاعة الدليلية النوعية N_{iy} تأخذ قيمة كبيرة جداً، أكبر من القيمة عندما

$$\pi_k = 0{,}186$$

وعندما:

$$\pi_k > 0{,}274$$

فإن الاستطاعة الدليلية النوعية تأخذ قيماً منخفضة. عندئذ أبعاد الضاغط تصبح كبيرة بشكل ملحوظ، لذلك فإن القيم المحصورة بين الحدود:

$$0{,}274 < \pi_k < 0{,}186 \quad (13)$$

للضواغط المصممة حديثاً يجب عدم النصح أو الأخذ بها.

التغير البسيط في الاستطاعة الدليلية النوعية يطابق قيم π_k المحصورة بالحدود:

$$0{,}186 < \pi_k < 0{,}274$$

الحجوم النوعية القليلة، ولكن مع زيادة طفيفة في الاستطاعة الدليلية النوعية.

النتائج والمناقشة:

إن اختيار الاحتمال المحدد أعلاه لـ π_k يسمح باستخدام طرق حسابية تحليلية الحصول على المقاييس والأبعاد المثلى للضاغط المراد تصميمه (قيد التصميم). أما بالنسبة للضواغط قيد التشغيل أو الاستثمار فإن تغيير القيمة العددية لـ π_k يكون غير مجدي.

- لتحديد الأبعاد الأساسية والاستطاعة الدليلية للضاغط قيد التصميم من الضروري اختيار قيمة π_k أولاً، وبعدها يتم حساب σ و ξ بالعلاقات (5) و (6)، وبالمعادلات (10) و (11) يتم حساب قطر الأسطوانة للمرحلة الأولى وقيمة الاستطاعة الدليلية، أما الأبعاد الأخرى فيجب أن تكون مختارة بحيث لا يكون هناك أي تغير لقيمة π_k أي تبقى ثابتة.
- درجة الانضغاط في الاسطوانات وقطر الأسطوانات للمراحل الأخيرة يتم تحديدها بالطرق العادية المطبقة في بناء الضواغط.
- المسألة الأساسية يتم حلها من الحساب الحراري لضواغط الهواء المكبسية غير عالية الضغط $(12 \div 16)\ atm$.
- تحليل العلاقات (6-2) أو المعادلات المعممة من (12-9) تبين أنه يمكن حساب تغير البارامترات الداخلة في التركيب الجبري لـ π_k.
- ممكن تغير قيمة التركيب الجبري لـ π_k حيث نجد بتخفيض قيمة π_k تزداد قيمة σ وبالتالي تنزداد إنتاجية الضاغط V_k. بهذه الطريقة يمكن تحليل عمل الضاغط أثناء الاستثمار أو التشغيل، لذلك من الضروري قياس جميع القيم الداخلة في التركيب الجبري لـ π_k. بالعلاقة (4) يمكن تحديد قيمته العددية وبعدها تصبح هناك إمكانية لخفض القيم العددية لـ π_k لكن بشرط أن لا تكون أخفض من القيمة (0,186).
- تغير نظام عمل الضاغط يؤدي إلى تغير البارامترات الداخلية في π_k . على سبيل المثال إذا زدنا فعالية تبريد الهواء في المبرد البيني، فإن ذلك سوف يؤدي إلى زيادة الحجم النوعي للهواء عند الطرد، وبالتالي تنخفض قيمة π_k وتزداد إنتاجية الضاغط.
- أيضاً يمكن زيادة الإنتاجية بزيادة عدد دورات عمود الضاغط، ولكن زيادة عدد الدورات يجب ألا يتجاوز الحدود المتعلقة بقوى العطالة الناتجة عن ارتداد الأجزاء المتحركة لآلية عمود المرفق وذراع التوصيل.
- يجب ألا تتغير قيمة التركيب الجبري π_k إلى أقل من الحد (0,186) عند ذلك سيعمل الضاغط بدون اقتصادية.

الاستنتاجات والتوصيات:

- تم التوصل إلى أنه من أجل تحديد الأبعاد الأساسية والاستطاعة الدليلة للضاغط قيد التصميم من الضروري أولاً تحديد قيمة π_k أولاً ومن ثم حساب σ و ξ بالعلاقات (4) و (5)، وبالعلاقات (10) و (11) يتم حساب قطر أسطوانة المرحلة الأولى والاستطاعة الدليلة.
- كما أن تغير التركيب الجبري يؤدي إلى تغير كل من σ و V_k ممثلاً بتخفيض قيمة π_k. تزداد قيمة σ وبالتالي إنتاجية الضاغط V_k، وهذا يسمح بتحليل عمل الضاغط أثناء التشغيل. حيث يتم تخفيض قيمة π_k باستخدام العلاقة (4) لكن بشرط ألا تصل إلى أخفض من القيمة (0,186)، عندئذٍ سيعمل الضاغط بدون اقتصادية.

- تغير نظام عمل الضاغط يؤدي إلى تغير البارامترات الداخلة في التركيب π_k. مثلاً زيادة فعالية تبريد الهواء في الضاغط يؤدي إلى زيادة الحجم النوعي للهواء عند الطرد وبالتالي خفض قيمة π_k وزيادة إنتاجية الضاغط.
- العلاقت التي يتم الاتوصل إليها هي عبارة عن علاقات جبرية ثانية تسمح بتحليل وتغير نظام عمل الضواغط المكبسية أثناء الاستثمار، والتي تهدف إلى زيادة إنتاجيتها واقتصاديتها.

المراجع:

[1] КиргНyzeВ М. В. И Комакоf П. К. Matematи Matematuzeckue Прayecc ОСНОВЫ Теории nodобНиЯ. изDAH СССР. 1949.

[2] КоНakoВ П. К. ТермogиНаМизeский Прayecc ПароВозНой МaωиНЫ. ТрygЫ МЭМииТ, 1949.

[3] ЛахаииНВ. В ТелЛоВой Paczet иароВЫх МaωиН МНozokpaТНО20, РасωиресииЯ, ОсНоВаНиЫй На Теории ПбНЯ. DAH ссср, 1953.

[4] ЛагиН. Н. В, ПеТухоВ В. А, КороЛеВ В. В. СygoВЫе изоТерМиreckue (реФрижераТорНЫе) КОНТейерН yиебНое иособие, СаНКТ – ПеТербурТ. Т М А. a. D. М. С.О.Makapoba, 211.

[5] ОВСЯННКОВ М. К., КХТЫЛеВ И. И. ТеПЛОТехНика; ТехНическаЯ ТеРМОgиНМика И ТеПЛПередaya. Termodnhmnkaи ТеПЛМepedaya СаНkt – ПеТербург, ЭЛМОР, 203.

[6] ВОЛрГОВ С.А, χаЗИН. ВЫбОР КОНСТРYКТИВНО-ТехНОЛОГУрСКИХ ПараМеТроВ ЗапорНоГОрГаНа КЛаωНа . П∂рωНеВОГ КОМПРессора // ИЗВ, ВYЗОВ ГОРНЫйЖYРНаЛ. 2010.

[7] ЗаГОРYйКО В.А, ГОЛИКОВА, А, CYDOВаЯ ХОЛОDЛОDИЛьНЯ Техника – К: Haykoba DYMK, 2000.

[8] Applications for compressors. WWW. Industry. Siemens. Com.