

control unit with electromagnetic pulsators amplifying element pneumatic type.

Pnevmoelektromagnetic pulsator, time characteristics, transients algorithm.

УДК 637.116:621.51

ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ З ПОХИЛИМ РОЗМІЩЕННЯМ ПЛАСТИН

***В.Ю. Дудін, М.М. Науменко, С.І. Павленко,
кандидати технічних наук***

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Запропоновано точний розв'язок задачі з розрахунку площі поперечного перерізу робочої камери ротаційного вакуумного насоса з похилим розміщенням пластин в залежності від кута повороту ротора. Показано відмінності нового розв'язку в порівнянні з існуючим.

Вакуумний насос, фази розподілу повітря, об'єм робочої камери.

Постановка проблеми. Низький об'ємний ККД існуючих ротаційних вакуумних насосів доільних установок в першу чергу обумовлений великими внутрішніми перетіканнями повітря. Як свідчать літературні джерела, на внутрішні перетікання припадає приблизно 60 % втрат об'ємної продуктивності насосу [1]. Основним параметром, що закладається на стадії проектування насосу, який суттєво впливає на внутрішні перетікання повітря, є фази розподілу повітря, тобто положення та розміри всмоктувального та нагнітаючого вікон, які визначаються виходячи з наступних міркувань [1]:

- положення нижньої кромки всмоктувального вікна обирається таким чином, щоб розімкнення робочої камери зі всмоктувальним патрубком відбувалося в момент, коли об'єм робочої камери досягає максимального значення;

- положення верхньої кромки всмоктувального вікна повинно обиратися з умови рівності тиску в робочій камері та патрубка в початковий момент всмоктування;

- положення нижньої кромки нагнітаючого вікна за тієї ж умови, але на початку нагнітання;

© В.Ю. Дудін, М.М. Науменко, С.І. Павленко, 2015

- положення верхньої кромки нагнітаючого вікна повинно відповідати мінімальному об'єму робочої камери в кінці нагнітання.

З вищесказаного зрозуміло, що обґрунтований вибір положення та розмірів вікон в першу чергу залежить від правильного визначення зміни об'єму робочої камери в залежності від кута повороту ротора.

Аналіз останніх досліджень. Існуюча методика визначення залежності зміни об'єму робочої камери V_φ , максимальне значення якого визначає теоретичну продуктивність, від кута повороту ротора φ при значенні кута між пластинами β для ротаційних вакуумних насосів з радіальним розміщенням пластин приводиться авторами [1, 2] і має вигляд:

$$V_\varphi = S_\varphi \cdot l = \frac{1}{2} l \int_{\varphi - \frac{\beta}{2}}^{\varphi + \frac{\beta}{2}} \rho^2 d\varphi - r^2 \frac{\beta}{2}, \quad (1)$$

де: S_φ – площа поперечного перерізу робочої камери, м^2 ; l – довжина ротора, м ; ρ – відносний ексцентриситет, м ; r – радіус ротора, м .

Мета досліджень. Уточнити методику розрахунку площі поперечного перерізу робочої камери ротаційного вакуумного насосу з похилим розміщенням пластин в залежності від кута повороту ротора.

Результати досліджень. Рівняння (1) досить точно описує динаміку зміни об'єму камери для насосів з радіальним розміщенням пластин, у той же час автори пропонують користуватися цією залежністю і для насосів з похилим розміщенням пластин, кут нахилу ψ яких не перевищує 30° . Дійсно, для розрахунків продуктивності насосу (швидкості дії) ця залежність може бути застосована, тому що відхилення об'єму становить не більше 5 %.

Як видно з першої частини рівняння (1) визначальною величиною при розрахунках об'єму робочої камери буде площа її поперечного перерізу S_φ , тому задачею даної роботи є розробка достовірної методики розрахунку залежності її зміни від кута повороту ротора φ для насосів з похилим розміщенням пластин.

Розв'язок поставленої задачі ілюструється рис. 1, на якому показано, що робочі пластини орієнтуються вздовж дотичних до деякого кола радіусом r_0 і утворюють кожна із сусідньою прямі кути.

Початок системи координат XOY збігається з точкою перетину осей двох сусідніх пластин. При обертанні ротора система координат обертається разом із пластинами, які відсікають між поверхнею ротора радіусом r і внутрішньою поверхнею статора радіусом R об'єм робочої камери. Положення координатної системи при обертанні ротора завжди буде визначатися кутом φ , який утворює радіус

CD з нерухомим горизонтальним діаметром ротора. Радіус CD завжди перпендикулярний осі OX у точці дотику осі до кола радіусом r_0 .

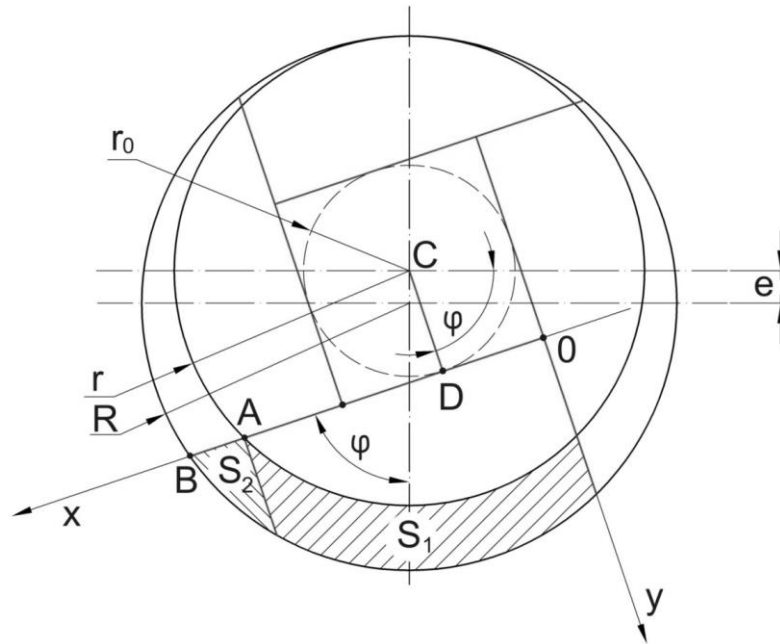


Рис. 1. Розрахункова схема.

Очевидно, що для будь-якого кута рівняння контуру перерізу ротора незмінно і буде мати вигляд:

$$(x - r_0)^2 + (y + r_0)^2 = r^2. \quad (2)$$

Для контуру перерізу статора маємо рівняння від кута φ :

$$(x - r_0 - e \cos \varphi)^2 + (y + r_0 - e \sin \varphi)^2 = R^2. \quad (3)$$

де: e – ексцентриситет насоса.

Координату точки А – характерної точки перерізу камери, точки перетину кола радіусу r з віссю OX, знаходимо з рівняння (2). Для $y=0$ маємо:

$$x^2 - 2xr_0 - r^2 + 2r_0^2 = 0.$$

Звідки,

$$x_A = \frac{2r_0^2 + \sqrt{2r_0^2 + 4(r^2 - 2r_0^2)}}{2} \quad (4)$$

Точку В знаходимо з рівняння (3), яке для $y=0$ має вигляд:

$$x^2 - 2x(r_0 + e \cos \varphi) + 2r_0^2 + 2r_0e(\cos \varphi - \sin \varphi) + e^2 - R^2 = 0$$

звідки

$$x_B = \frac{2(r_0 + e \cos \varphi) + \sqrt{(2r_0 + e \cos \varphi)^2 + 4[R^2 - 2r_0^2 - 2r_0e(\cos \varphi - \sin \varphi) - e^2]}}{2}. \quad (5)$$

З рівнянь (2) і (3): $y = \sqrt{r^2 - (x - r_0)^2} - r_0 = f_1(x)$;

$$y = \sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} - r_0 + e \sin \omega t = f_2(x).$$

Частину площі перерізу камери S_1 , для якої $0 \leq x \leq x_A$ (рис. 1), будемо знаходити як $S_1 = \int_0^{x_A} [f_2(x) - f_1(x)] dx$.

Тобто,

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \int_0^{x_A} \left[\sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} + e \sin \omega t - \sqrt{r^2 - (x - r_0)^2} \right] dx = \\
 &= \left[\frac{1}{2} (x - r_0 + e \cos \omega t) \sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin \frac{x - r_0 - e \cos \omega t}{R} \right]_0^{x_A} + \\
 &+ e \sin \omega t \cdot x_A - \left[\frac{1}{2} (x - r_0) \sqrt{r^2 - (x - r_0)^2} + \frac{r^2}{2} \arcsin \frac{x - r_0}{r} \right]_0^{x_A} = \quad (6) \\
 &= \frac{1}{2} \left[(x_A + e \cos \omega t) \cdot (\sqrt{R^2 - (x_A - r_0 - e \cos \omega t)^2} - \sqrt{R^2 - (r_0 + e \cos \omega t)^2}) \right] + \\
 &+ \frac{R^2}{2} \left(\arcsin \frac{x_A - r_0 - e \cos \omega t}{R} + \arcsin \frac{r_0 - e \cos \omega t}{R} \right) - \\
 &- \frac{1}{2} \left[(x_A - r_0) \sqrt{r^2 - (x_A - r_0)^2} + r_0 \sqrt{r^2 - r_0^2} \right] + \frac{r^2}{2} \left(\arcsin \frac{x_A - r_0}{r} + \arcsin \frac{r_0}{r} \right) + e \sin \omega t \cdot x_A
 \end{aligned}$$

Іншу частину площі перерізу камери S_2 , для якої $x_A \leq x \leq x_B$ (рис. 1), знайдемо як:

$$S_2 = \int_{x_A}^{x_B} f_2 dx.$$

Тобто,

$$\begin{aligned}
 S_2 &= \int_{x_A}^{x_B} \left[\sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} - r_0 + e \sin \omega t \right] dx = \\
 &= \left[\frac{1}{2} (x - r_0 + e \cos \omega t) \sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin \frac{x - r_0 - e \cos \omega t}{R} - r_0 x + e \sin \omega t \cdot x \right]_{x_A}^{x_B} = \quad (7) \\
 &= \frac{1}{2} \left[(x_B - r_0 + e \cos \omega t) \cdot (\sqrt{R^2 - (x_B - r_0 - e \cos \omega t)^2} - (x_A - r_0 - e \cos \omega t) \sqrt{R^2 - (x_A - r_0 + e \cos \omega t)^2}) \right] + \\
 &+ \frac{R^2}{2} \left[\arcsin \frac{x_B - r_0 - e \cos \omega t}{R} - \arcsin \frac{x_A - r_0 - e \cos \omega t}{R} \right] - r_0 (x_B - x_A) + e \sin \omega t (x_B - x_A).
 \end{aligned}$$

Для площі перерізу $S_\varphi = S_1 + S_2$, за допомогою програмного забезпечення MS Excel побудована графічна залежність $S_\varphi = f(\varphi)$ для насоса з наступними геометричними параметрами: діаметр статора – 105 мм; діаметр ротора – 88 мм; ексцентриситет – 8,5 мм; кут нахилу пластин – 45°. Залежність $S(\varphi)$ наведена на рис. 2 штриховою лінією, суцільною лінією представлена та ж залежність, визначена за формулою (1).

Співставлення кривих свідчить, що при використанні формул (6), (7) спостерігаються деякі відмінності, які незначно впливають на розрахункову продуктивність (відхилення менше 0,5 %). Що стосується фаз розподілу повітря, то максимальне значення S_φ , а зна-

чить, і об'єму робочої камери спостерігається не в точці, яка відповідає $\varphi=0^\circ$, а в точці, яка зміщена на $13,4^\circ$ (рис. 2). Зміщення мінімального значення S_φ не настільки значне і становить $2,8^\circ$.

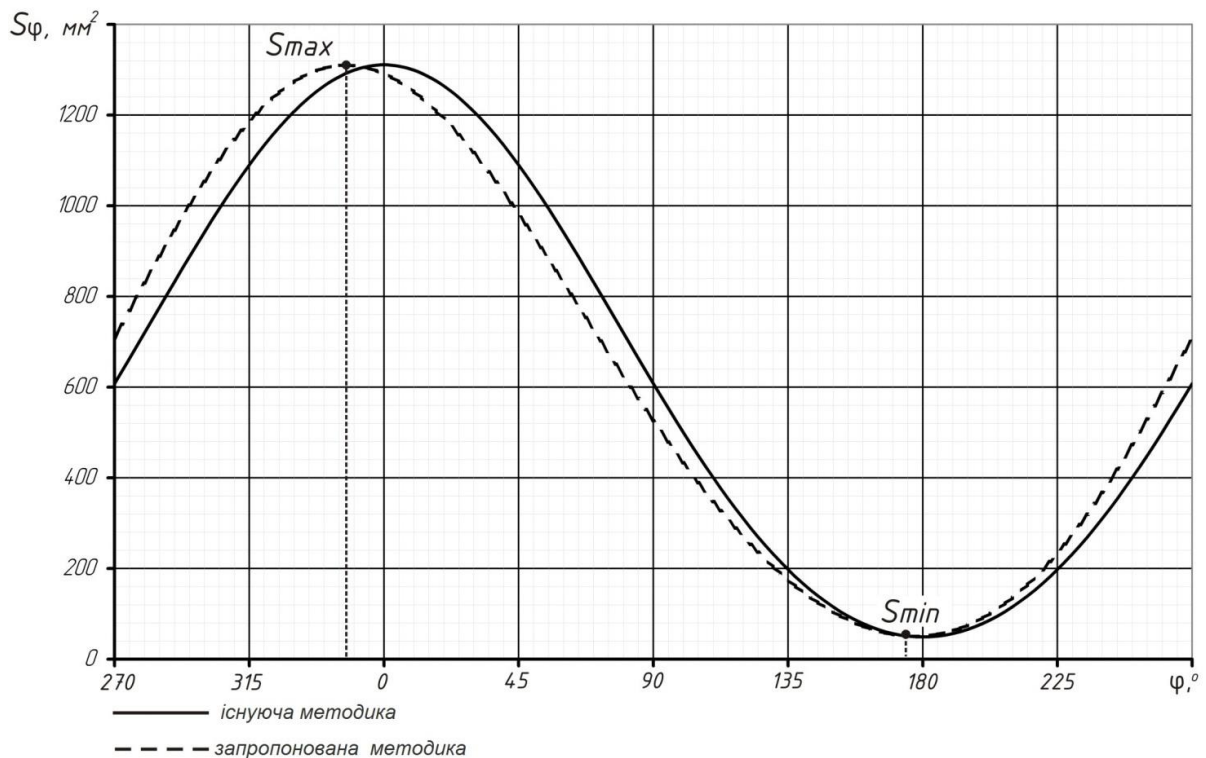


Рис. 2. Залежність площі поперечного перерізу робочої камери від кута повороту ротора φ насоса.

Крім того, з отриманої залежності видно, що зміщення кривих спостерігається практично у всьому діапазоні значень кута повороту ротора φ .

Висновок. У цілому за результатами роботи можна зробити наступні висновки: запропоновано точний розв'язок задачі з розрахунку площі поперечного перерізу робочої камери ротаційного вакуумного насосу з похилим розміщенням пластин в залежності від кута повороту ротора; отримана можливість більш точно визначати положення всмоктувального і нагнітаючого вікон.

Список літератури.

1. Мжельский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок / Н.И. Мжельский. – М.: Машиностроение, 1974. – 151 с.
2. Механические вакуумные насосы / [Е.С. Фролов, И.В. Автономова, В.И. Васильев и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.

Предложено точное решение задачи по расчету площади поперечного сечения рабочей камеры ротационного вакуумного на-

соса с наклонными пластинами в зависимости от угла поворота ротора. Показаны отличия нового решения по сравнению с существующим.

Вакуумный насос, фазы распределения воздуха, объем рабочей камеры.

The exact decision of a problem by calculation of the area of cross-section section of the working chamber of the rotary vacuum pump depending on a rotor angle of rotation is offered. Differences of the new decision in comparison with existing are shown.

Vacuum pump, the phase distribution of the air, volume of the working chamber.

УДК 637.116:621.65

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАСТИНЧАТИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ

В.Ю. Дудін, кандидат технічних наук

***С.І. Павленко, Д.Ф. Кольга, кандидати технічних наук
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет***

М.В. Колончук, інженер

Білоруський державний аграрний технічний університет

Приведено результати теоретичних досліджень ротаційних пластинчатих вакуумних насосів, на їхній основі приведено необхідні рекомендації із проектування та експлуатації. Уніфіковано теоретичні положення розрахунку потужності тертя вакуумних насосів з радіальними та похилими пластинами.

Вакуумний насос, тертя, пластина, потужність.

Постановка проблеми. Найбільш навантаженими деталями вакуумних пластинчастих насосів є пластини. Залежно від розмірів насоса, перепаду тиску, матеріалу пластин, способу змащення і охолодження ставлять від 2 до 30 пластин. Змащення зменшує тертя пластин по циліндру. Відсутність мастила викликає посилене зношування пластин і корпуса насоса. Однак хвилеподібний знос поверхні циліндра між нагнітальним та всмоктувальним вікном часто виявляється візуально навіть у машинах з нормальним змащенням [1].

© В.Ю. Дудін, С.І. Павленко, Д.Ф. Кольга, М.В. Колончук, 2015