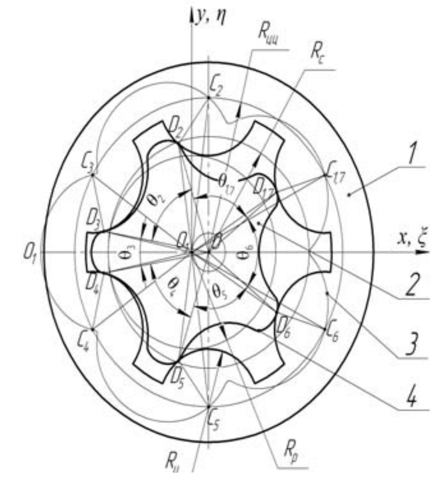
УДК 621.9.04:621.9.02

О.І. Скібінський, доц., канд. техн. наук, В.І. Гуцул, доц., канд. техн. наук,
А.А. Гнатюк, магістрант, А.В. Заярна, магістрант
Кіровоградський національний технічний університет

Визначення величини робочого об'єму героторних гідромашин з епіциклоїдальною цівковою передачею внутрішнього зачеплення

В статті описана методика розрахунку робочого об’єму героторних гідравлічних машин з епіциклоїдальними цівковими передачами внутрішнього зачеплення.
героторні гідромашини, об’єм робочої камери, площа перерізу камери

Героторні гідравлічні машини з епіциклоїдальними цівковими передачами внутрішнього зачеплення (ЕЦПВЗ) застосовуються в різних галузях машинобудівної промисловості, мобільній та сільськогосподарській техніці, технологічному обладнанні, енергетичній та нафтовидобувній галузях, тощо. Як відомо, одна з найважливіших характеристик гідравлічних машин, є об’ємна подача (для насосів) або крутний момент (для гідромоторів), які нерозривно пов’язані з величиною робочого об’єму гідромашини. Для насосів – це об’єм рідини, що вивільняється за один оберт вала, для моторів – це об’єм рідини, що необхідно затратити на один оберт вала. Складність визначення робочого об’єму героторних гідромашин зумовлена складною геометрією ЕЦПВЗ. Виникає необхідність у створенні універсальної розрахункової методики для визначення величини робочого об’єму героторних гідромашин з різними конструктивними параметрами ЕЦПВЗ.



1 – статор із числом зубців z_2; 2 – ротор із числом зубців z_1; 3 – епіциклоїда; 4 – робочій профіль ротора (еквідистанта до епіциклоїди)

Рисунок 1 – Загальна схема позацентроїдного епіциклоїдального цівкового зачеплення з позначенням основних параметрів

Розглянемо розрахункову схему ЕЦПВЗ (рис.1), та введемо наступні позначення:

$C_1(x_1; y_1)$, $C_2(x_2; y_2)$, …., $C_i(x_i; y_i)$ – центри цівок, що задані своїми координатами;

$D_1(\xi_1; \eta_1)$, $D_2(\xi_2; \eta_2)$, …., $D_i(\xi_i; \eta_i)$ – точки дотику робочого профілю ротора з цівками, що задані своїми координатами;

O і O_1 – центри центроїд статора і ротора.

Зачеплення можна умовно поділити на дві зони, провівши лінію через точки O і O_1 (вісь Ox) – зона всмоктування і зона нагнітання. Кожна окрема камера відокремлена двома точками дотику робочого профілю ротора з двома сусідніми цівками. Під час роботи насоса при здійсненні планетарного руху, камери в зоні всмоктування одночасно збільшуються в о'бємі, створюючи від'ємний тиск. При переході в зону нагнітання, усі камери одночасно зменшуються, рідина вивільняється. Для гідромоторів увесь процес протікає навпаки: рідина під тиском подається в робочі камери, заставляючи ротор обертатися.

Аналізуючи схему зачеплення, стає очевидним, що об'єм рідини, яка вивільняється є сумою усіх різниць об'ємів двох суміжних камер зони нагнітання, або різницею найбільшого і найменшого об'єму камер. Тоді робочий об'єм героторної гідромашини визначається за формулою [1]:

$$V_p = (S_{\max} - S_{\min}) \cdot h \cdot z_1, \qquad (1)$$

де S_{max} і S_{min} – максимальна і мінімальна площа міжзубової камери (рис. 2);

h – висота героторної передачі.

а) б)

а) – мінімальна площа; б) – максимальна площа

Рисунок 2 – Площа перерізу міжзубової камери

Основними вхідними параметрами для проведення розрахунку площ міжзубових камер (рис. 1) є: число зубців ротора z_1, ексцентриситет передачі e (відстань OO_1), радіус центрів цівок $R_{цц}$, радіус цівки $R_ц$, радіус западин статора $R_з$. Інші параметри визначаються наступними залежностями:

$z_2 = z_1 + 1$ – число зубців статора;

$R_p = z_1 \cdot e$ – радіус центроїди ротора;

$R_c = z_2 \cdot e$ – радіус центроїди статора.

Параметричні рівняння вкороченої епіциклоїди (теоретичного профілю) мають вигляд:

$$x(\varphi) = R_{цц} \cos(\varphi/z_2) - e \cdot \cos\varphi, \qquad (3)$$

$$y(\varphi) = R_{цц} \sin(\varphi/z_2) - e \cdot \sin\varphi. \qquad (4)$$

Параметричні рівняння еквідистанти вкороченої епіциклоїди (робочого профілю ротора):

$$\xi(\varphi) = R_{цц} \cos(\varphi/z_2) - e \cdot \cos\varphi - \frac{R_ц \cdot (R_{цц} \cdot \cos(\varphi/z_2) - R_c \cdot \cos\varphi)}{\sqrt{R_c^2 + R_{цц}^2 - 2 \cdot R_c \cdot R_{цц} \cdot \cos(\varphi \cdot z_1/z_2)}}, \qquad (5)$$

$$\eta(\varphi) = R_{цц}\sin(\varphi/z_2) - e\cdot\sin\varphi - \frac{R_ц\cdot(R_{цц}\cdot\sin(\varphi/z_2) - R_c\cdot\sin\varphi)}{\sqrt{R_c^2 + R_{цц}^2 - 2\cdot R_c\cdot R_{цц}\cdot\cos(\varphi\cdot z_1/z_2)}}. \qquad (6)$$

Як видно зі схеми (рис.1), при $z_1 = 5$ найбільша площа перерізу камери обмежена точками D_6 і D_1 і лежить в секторі, обмеженому кутом θ_6 а найменша – D_3 і D_4, в секторі з кутом θ_3. Їм відповідають кутові параметри: φ_6 і φ_7 та φ_3 і φ_4. У випадку, коли число зубців ротора – парне число, камери з максимальним і мінімальним об'ємом не можуть існувати одночасно, як на рис. 1. Вони почергово замінюють одна одну в процесі здійснення планетарного руху. Незалежно від того, парне чи не парне число зубців z_1, обчислення мінімальної площі можна здійснювати на тому же проміжку зміни φ, що і обчислення максимальної. У цьому випадку в формулах (3)-(6) величину e необхідно замінити на $-e$.

Центри цівок лежать в точках перетину кола радіусом $R_{щ}$ із епіциклоїдою 3 (рис. 1) і розташовані один відносно одного під кутом $2\pi/z_2$. Для побудови дуги епіциклоїди, обмеженої двома сусідніми центрами цівок, центр O центроїди статора R_c повинен здійснити повний оберт, відносно точки O_1 на кут 2π. Кутові параметри, що відповідають точкам дотику робочого профілю ротора з цівками і центрам цівок залишаються однаковими, адже обидві точки лежать на одній нормалі. Ділянки міжзубових камер з мінімальною та максимальною площею (рис. 2, а, б) мають вісь симетрії, яка поділяє саму площу і еквідистанту, що її обмежує, на дві рівні частини. Для побудови половини дуги центр O необхідно повернути на пів оберта, тобто на кут рівний π. Тоді кутові параметри визначаються наступним чином: для першої точки дотику цівки з ротором значення кутового параметру φ_1 буде π, для наступної точки воно буде дорівнювати $\varphi_2 = \pi + 2\cdot\pi = 3\cdot\pi$. Зміну кутового параметру можна представити у вигляді залежності:

$$\varphi_i = (2\cdot i - 1)\cdot\pi, \qquad (7)$$

де i = 1, 2, 3,…, z_2.

Зі схеми (рис. 1) видно, що при $z_1 = 5$ максимальна площа обмежена точками, яким відповідають кутові параметри $\varphi_6 = 11\cdot\pi$, і $\varphi_7 = 13\cdot\pi$. Точкам, що обмежують мінімальну площу, відповідають ті ж самі кутові параметри, але значення e в формулах (3)-(6) береться зі знаком "−", як наголошувалось вище.

Координати центрів цівок визначаються залежністю:

$$x_i = x(\varphi_i),\ y_i = y(\varphi_i). \qquad (8)$$

Координати точок дотику робочого профілю ротора з цівками визначаються залежністю:

$$\xi_i = \xi(\varphi_i),\ \eta_i = \eta(\varphi_i). \qquad (9)$$

В подальшому, для спрощення розрахунків, координати сусідніх точок (наприклад ξ_3 і ξ_4) будемо позначати з індексами "i" та "i+1" (тобто ξ_i і ξ_{i+1}).

Площа будь-якої з камер лежить в секторі, обмеженому кутом θ_i та колом западин $R_з$. Кут θ_i визначається наступним чином:

$$\theta_i = arctg\left[\frac{(\xi_i - e)\cdot\eta_{i+1} - (\xi_{i+1} - e)\cdot\eta_i}{(\xi_i - e)\cdot(\xi_{i+1} - e) + \eta_i\cdot\eta_{i+1}}\right]. \qquad (10)$$

Площа сектора, обмеженого кутом θ_i і колом западин визначається за формулою:

$$S_i^0 = \theta_i\cdot R_з^2/2, \qquad (11)$$

де θ_i – задається в радіанах.

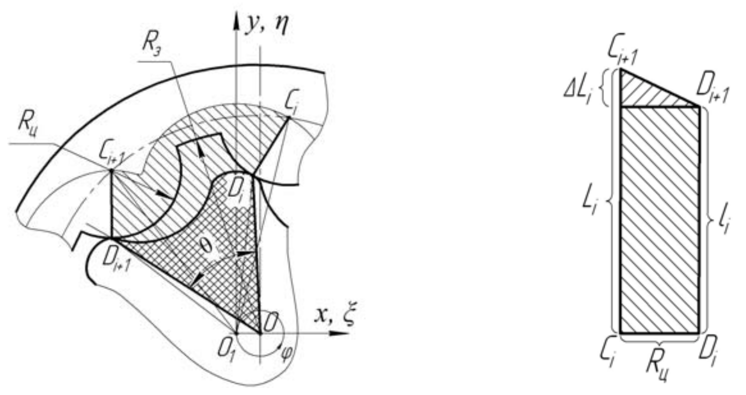
Подальший розрахунок зводиться до віднімання від площі S_{0i} площі криволінійного сектору ротора OD_iD_{i+1} та двох складних секторів цівок $A_iB_iD_i$ і $A_{i+1}B_{i+1}D_{i+1}$ (рис 4).

Площу криволінійного сектору ротора $O_1C_iC_{i+1}$ можна знайти за формулою [2]:

$$S=\frac{1}{2}\cdot\int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}}(\xi(\varphi)\cdot\eta'(\varphi)-\xi'(\varphi)\cdot\eta(\varphi))d\varphi. \qquad (12)$$

При підстановці значень $\xi(\varphi)$ і $\eta(\varphi)$ та їх похідних у формулу (12) отримуємо громіздкий і складний вираз, тому інтеграл в такому випадку можливо обчислити тільки за допомогою ПК.

Обчислити площу можна і за іншою методикою. Маючи довжини кривих C_iC_{i+1} і D_iD_{i+1} (рис. 3,а), знаходимо площу обмежену епіциклоїдою C_iC_{i+1}, еквідистантою D_iD_{i+1}, і двома відрізками C_iD_i, $C_{i+1}D_{i+1}$. Ця площа чисельно рівна площі трапеції (рис.3,б). Далі від площі криволінійного сектора епіциклоїди $O_1C_iC_{i+1}$ віднімаємо вище зазначену площу, додаємо площі трикутників ΔOO_1D_i, $\Delta O_1C_{i+1}D_{i+1}$ і віднімаємо площі $\Delta O_1C_iD_i$, ΔOO_1D_{i+1}.



а) б)

а) – загальна схема; б) – спрощений вигляд ділянки між епіциклоїдою та профілем ротора

Рисунок 3 – Розрахункова схема для обчислення площі криволінійного сектору ротора

Площа криволінійного сектора $O_1C_iC_{i+1}$ епіциклоїди:

$$S_i^E=\frac{1}{2}\cdot\int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}}(x(\varphi)\cdot y'(\varphi)-x'(\varphi)\cdot y(\varphi))d\varphi. \qquad (13)$$

Перші похідні від координат x(φ) і y(φ) мають вигляд:

$$x'(\varphi)=e\cdot\sin\varphi-(R_{цц}/z_2)\cdot\sin(\varphi/z_2), \qquad (14)$$

$$y'(\varphi)=(R_{цц}/z_2)\cdot\cos(\varphi/z_2)-e\cdot\cos\varphi. \qquad (15)$$

Підставивши значення у формулу (13), та виконавши необхідні перетворення, отримаємо:

$$S_i^E=\frac{1}{2\cdot z_2}\cdot\int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}}\left(e^2\cdot z_2+R_{цц}^2-e\cdot R_{цц}\cdot\cos\left(\frac{\varphi\cdot z_1}{z_2}\right)-R_c\cdot R_{цц}\cdot\cos\left(\frac{\varphi\cdot z_1}{z_2}\right)\right)d\varphi. \qquad (16)$$

Після інтегрування, маємо формулу для визначення секторної площі вкороченої епіциклоїди:

$$S_i^E=\frac{1}{2\cdot z_2}\cdot\left(\frac{z_2}{z_1}\cdot R_{цц}\cdot(R_c+e)\cdot\left(\sin\left(\frac{\varphi_i\cdot z_1}{z_2}\right)-\sin\left(\frac{\varphi_{i+1}\cdot z_1}{z_2}\right)\right)-(z_2\cdot e^2+R_{цц}^2)\cdot(\varphi_i-\varphi_{i+1})\right). \qquad (17)$$

Довжина дуги епіциклоїди між точками C_i і C_{i+1} визначається інтегралом [2]:

$$L_i = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \sqrt{x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2}\, d\varphi . \quad (18)$$

Введемо наступні позначення:

$$a = \left(R_{цц}^2 + R_c^2\right)\big/ z_2^2 , \qquad b = 2 \cdot R_{цц} \cdot R_c \big/ z_2^2 . \quad (19)$$

Тоді інтеграл можна записати в наступному вигляді:

$$L_i = \sqrt{\frac{1}{z_2^2}} \cdot \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \sqrt{R_{цц}^2 + R_c^2 - 2 \cdot R_{цц} \cdot R_c \cdot \cos\left(\frac{\varphi \cdot z_1}{z_2}\right)}\, d\varphi = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \sqrt{a - b \cdot \cos(\varphi \cdot z_1 / z_2)}\, d\varphi . \quad (20)$$

Первісна підінтегральної функції не виражається через елементарні функції, тому отриманий інтеграл (20) зводиться до еліптичних інтегралів другого роду.

Довжина дуги профілю ротора між точками D_i і D_{i+1} визначається інтегралом:

$$l_i = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \sqrt{\xi'(\varphi)^2 + \eta'(\varphi)^2}\, d\varphi . \quad (21)$$

Значення похідних $\xi'(\varphi)$ і $\eta'(\varphi)$ можна представити:

$$\xi'(\varphi) = \frac{d}{d\varphi}\left(x - \frac{R_ц \cdot y'(\varphi)}{\sqrt{x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2}} \right) = x'(\varphi) - \frac{R_ц \cdot x'(\varphi) \cdot (y''(\varphi) \cdot x'(\varphi) - y'(\varphi) \cdot x''(\varphi))}{(x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2)^{3/2}} , \quad (22)$$

$$\eta'(\varphi) = \frac{d}{d\varphi}\left(y + \frac{R_ц \cdot x'(\varphi)}{\sqrt{x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2}} \right) = y'(\varphi) - \frac{R_ц \cdot y'(\varphi) \cdot (y''(\varphi) \cdot x'(\varphi) - y'(\varphi) \cdot x''(\varphi))}{(x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2)^{3/2}} , \quad (23)$$

$$\sqrt{\xi'(\varphi)^2 + \eta'(\varphi)^2} = \sqrt{x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2} - \frac{R_ц \cdot (y''(\varphi) \cdot x'(\varphi) - y'(\varphi) \cdot x''(\varphi))}{x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2} . \quad (24)$$

Тоді інтеграл запишеться так:

$$l_i = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \left[\sqrt{x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2} - \frac{R_ц \cdot (y''(\varphi) \cdot x'(\varphi) - y'(\varphi) \cdot x''(\varphi))}{x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2} \right] d\varphi . \quad (25)$$

Перша частина інтеграла $\sqrt{x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2}$ відома з попередньої формули (20), тому отримуємо наступну рівність:

$$\Delta L_i = L_i - l_i = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \frac{R_ц \cdot (y''(\varphi) \cdot x'(\varphi) - y'(\varphi) \cdot x''(\varphi))}{x'(\varphi)^2 + y'(\varphi)^2}\, d\varphi . \quad (26)$$

Другі похідні від координат x(φ) і y(φ):

$$x''(\varphi) = e \cdot \cos\varphi - (R_{цц} \cdot \cos(\varphi / z_2) \big/ z_2^2) , \quad (27)$$

$$y''(\varphi) = e \cdot \sin\varphi - (R_{цц} \cdot \sin(\varphi / z_2) \big/ z_2^2) . \quad (28)$$

Введемо позначення:

$$c = e^2 + (R_{цц}^2 \big/ z_2^3) , \qquad d = R_{цц} \cdot e \cdot (z_2 + 1) \big/ z_2^2 . \quad (29)$$

Тоді отримаємо:

$$y''(\varphi) \cdot x'(\varphi) - y'(\varphi) \cdot x''(\varphi) = c - d \cdot \cos(\varphi \cdot z_1 / z_2) . \quad (30)$$

Різниця довжин ΔL_i дуг епіциклоїди і еквідистанти буде визначатись за формулою:

$$\Delta L_i = L_i - l_i = R_ц \cdot \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \frac{c - d \cdot \cos(\varphi \cdot z_1 / z_2)}{a - b \cdot \cos(\varphi \cdot z_1 / z_2)}\, d\varphi . \quad (31)$$

Значення інтегралу (31) матиме вигляд:

$$\Delta L_i = \frac{R_ц \cdot d}{b} \cdot (\varphi_{i+1} - \varphi_i) + \frac{2 \cdot R_ц \cdot (b \cdot c - a \cdot d)}{b \cdot \sqrt{a^2 - b^2} \cdot (z_1 / z_2)} \cdot \left[arctg\left(\sqrt{\frac{a+b}{a-b}} \cdot tg\left(\frac{z_1 \cdot \varphi_{i+1}}{2 \cdot z_2} \right) \right) - \right.$$

$$\left. - arctg\left(\sqrt{\frac{a+b}{a-b}} \cdot tg\left(\frac{z_1 \cdot \varphi_i}{2 \cdot z_2} \right) \right) \right]. \quad (32)$$

Площі прилеглих до сектору трикутників визначаються за наступними формулами (допускаються від'ємні значення):

$$S\Delta O_1C_iD_i = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\xi_i^2 + \eta_i^2} \cdot \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \cdot \sin\left[- arctg\left[\frac{x_i \cdot \eta_i - y_i \cdot \xi_i}{x_i \cdot \xi_i + \eta_i \cdot y_i} \right] \right], \quad (33)$$

$$S\Delta O_1C_{i+1}D_{i+1} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\xi_{i+1}^2 + \eta_{i+1}^2} \cdot \sqrt{x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2} \cdot \sin\left[arctg\left[\frac{x_{i+1} \cdot \eta_{i+1} - y_{i+1} \cdot \xi_{i+1}}{x_{i+1} \cdot \xi_{i+1} + \eta_{i+1} \cdot y_{i+1}} \right] \right], \quad (34)$$

$$S\Delta OO_1D_i = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\xi_i^2 + \eta_i^2} \cdot \sqrt{(\xi_i - e)^2 + \eta_i^2} \cdot \sin\left[- arctg\left[\frac{(\xi_i - e) \cdot \eta_i - \eta_i \cdot \xi_i}{(\xi_i - e) \cdot \xi_i + \eta_i^2} \right] \right], \quad (35)$$

$$S\Delta OO_1D_{i+1} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\xi_{i+1}^2 + \eta_{i+1}^2} \cdot \sqrt{(\xi_{i+1} - e)^2 + \eta_{i+1}^2} \cdot \sin\left[arctg\left[\frac{(\xi_{i+1} - e) \cdot \eta_{i+1} - \eta_{i+1} \cdot \xi_{i+1}}{(\xi_{i+1} - e) \cdot \xi_{i+1} + \eta_{i+1}^2} \right] \right]. \quad (36)$$

Площа криволінійного сектору OD_iD_{i+1} ротора:

$$S_i^P = S_i^E + S\Delta O_1C_iD_i + S\Delta O_1C_{i+1}D_{i+1} + S\Delta OO_1D_i + S\Delta OO_1D_{i+1} - \left(L_i \cdot R_ц + \frac{\Delta L_i \cdot R_ц}{2} \right), \quad (37)$$

де $\left(L_i \cdot R_ц + \frac{\Delta L_i \cdot R_ц}{2} \right)$ – площа трапеції (рис. 3,б).

Далі знаходимо площі ділянок обмежених цівкою, відрізком B_iD_i і колом западин $R_з$ (рис. 4).

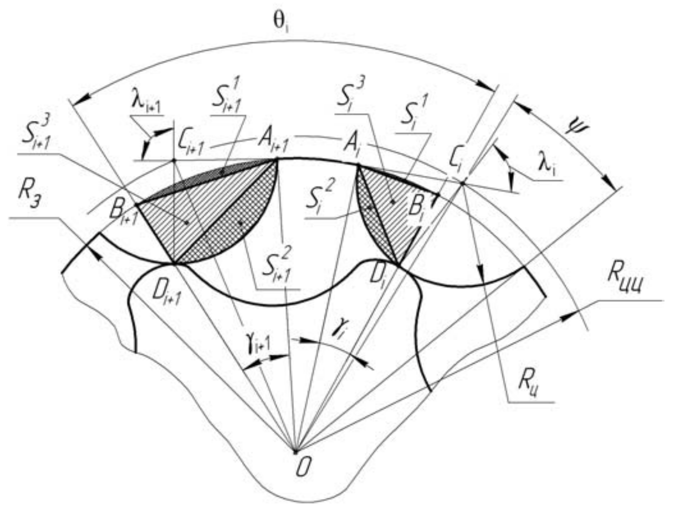


Рисунок 4 – Розрахункова схема для обчислення площі ділянок цівок

Дану ділянку розбиваємо на більш прості геометричні фігури – два сегмента S_i^1, S_i^2 і трикутник S_i^3. По черзі знаходимо площу кожної фігури окремо, сума площ трьох фігур дає шукану площу складної ділянки $A_iB_iD_i$. Таким же чином обчислюється площа сусідньої ділянки цівки $A_{i+1}B_{i+1}D_{i+1}$.

Маючи кути γ_i і γ_{i+1} і радіус кола западин $R_з$, легко знайти площі двох сегментів, S_i^1 і S_{i+1}^1. Кути γ_i і γ_{i+1} визначаються за формулами:

$$\gamma_i = \psi - \angle A_i O B_i = \arccos\left[\frac{R_з^2 + R_{цц}^2 - R_ц^2}{2\cdot R_з^2 \cdot R_{цц}^2}\right] - arctg\left[\frac{(x_i - e)\cdot \eta_i - y_i \cdot (\xi_i - e)}{(x_i - e)\cdot(\xi_i - e) + y_i \cdot \eta_i}\right], \quad (38)$$

$$\gamma_{i+1} = \psi + \angle A_{i+1} O B_{i+1} = \arccos\left[\frac{R_з^2 + R_{цц}^2 - R_ц^2}{2\cdot R_з^2 \cdot R_{цц}^2}\right] + arctg\left[\frac{(x_{i+1} - e)\cdot \eta_{i+1} - y_{i+1} \cdot (\xi_{i+1} - e)}{(x_{i+1} - e)\cdot(\xi_{i+1} - e) + y_{i+1} \cdot \eta_{i+1}}\right]. \quad (39)$$

Площі сегментів, утворених колом западин і кутами γ_i і γ_{i+1}:

$$S_i^1 = R_з^2 \cdot (\gamma_i - \sin\gamma_i)/2, \quad (40)$$

$$S_{i+1}^1 = R_з^2 \cdot (\gamma_{i+1} - \sin\gamma_{i+1})/2, \quad (41)$$

де γ_i, γ_{i+1} – задаються в радіанах.

Далі знаходимо довжини хорд A_iD_i і $A_{i+1}D_{i+1}$:

$$A_iD_i = \sqrt{R_з^2 + \left((\xi_i - e)^2 + \eta_i^2\right) - 2\cdot R_з \cdot \sqrt{(\xi_i - e)^2 + \eta_i^2}\cdot\cos\gamma_i}\,, \quad (42)$$

$$A_{i+1}D_{i+1} = \sqrt{R_з^2 + \left((\xi_{i+1} - e)^2 + \eta_{i+1}^2\right) - 2\cdot R_з \cdot \sqrt{(\xi_{i+1} - e)^2 + \eta_{i+1}^2}\cdot\cos\gamma_{i+1}}\,. \quad (43)$$

Кути, що відповідають хордам λ_i і λ_{i+1}:

$$\lambda_i = 2\cdot\arcsin(A_iD_i/2\cdot R_ц), \quad (44)$$

$$\lambda_{i+1} = 2\cdot\arcsin(A_{i+1}D_{i+1}/2\cdot R_ц). \quad (45)$$

Площі сегментів, що відповідають даним кутам (кут λ в радіанах):

$$S_i^2 = R_ц^2 \cdot (\lambda_i - \sin\lambda_i)/2, \quad (46)$$

$$S_{i+1}^2 = R_ц^2 \cdot (\lambda_{i+1} - \sin\lambda_{i+1})/2, \quad (47)$$

λ_i, λ_{i+1} – задаються в радіанах.

Довжини хорд A_iB_i і $A_{i+1}B_{i+1}$:

$$A_iB_i = 2\cdot R_з \cdot \sin(\lambda_i/2), \quad (48)$$

$$A_{i+1}B_{i+1} = 2\cdot R_з \cdot \sin(\lambda_{i+1}/2). \quad (49)$$

Площі трикутників $\Delta A_iB_iD_i$ і $\Delta A_{i+1}B_{i+1}D_{i+1}$ визначаємо за формулою Герона:

$$S_i^3 = \sqrt{p_i \cdot \left(p_i - R_з + \sqrt{(\xi_{i+1} - e)^2 + \eta_{i+1}^2}\right)\cdot(p_i - A_iB_i)\cdot(p_i - A_iD_i)}\,, \quad (50)$$

$$S_{i+1}^3 = \sqrt{p_{i+1} \cdot \left(p_{i+1} - R_з + \sqrt{(\xi_{i+1} - e)^2 + \eta_{i+1}^2}\right)\cdot(p_{i+1} - A_{i+1}B_{i+1})\cdot(p_{i+1} - A_{i+1}D_{i+1})}\,, \quad (51)$$

де p_i і p_{i+1} – половини периметрів трикутників $\Delta A_iB_iD_i$ і $\Delta A_{i+1}B_{i+1}D_{i+1}$.

Додаємо площі двох сегментів і площу трикутника:

$$S_i^ц = S_i^1 + S_i^2 + S_i^3, \qquad S_{i+1}^ц = S_{i+1}^1 + S_{i+1}^2 + S_{i+1}^3. \quad (52)$$

Визначивши всі складові, визначаємо площу перерізу довільної робочої камери за формулою:

$$S_i = S_i^0 - (S_i^P + S_i^ц + S_{i+1}^ц). \quad (53)$$

Маючи значення максимальної та мінімальної площі перерізів робочих камер, визначаємо за формулою (1) величину робочого об’єму героторної передачі.

Використовуючи дану методику, в подальшому можливо визначити, як впливає зміна різних конструктивних параметрів ЕЦПВЗ на робочий об’єм, та визначити необхідні їх значення при проектуванні героторних гідромашин.

Список літератури

1. Учебный курс по гидравлике / Том 1 – Rexroth Bosh Group. – 113 с.
2. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / Выгодский М.Я. – М.: Наука, 1975. - 872 с.
3. Савелов А.А. Плоские криве / Савелов А.А. – М.: Физматгиз, 1960. - 293 с.
4. Гусман М. Т. Забойные винтовые двигатели / Гусман М. Т., Балденко Д. Ф. – М.: ВНИИОЭНГ, 1972.– 89 с
5. Litvin F.L. Gear Geometry and Applied Theory, Prentice Hall/ Litvin F.L. - New Jersey, 1994. - 724р.

А. Скибинский, В. Гуцул, А.Гнатюк, А. Заярная

Определение величины рабочего объема героторных гидравлических машин с эпициклоидальными цевочными передачами внутреннего зацепления.

В статье описана методика расчета рабочего объема героторных гидравлических машин с эпициклоидальными цевочными передачами внутреннего зацепления.

O.Skibinskiy, A.Gnatuk, V. Gutsul, A. Zayarna

Determination of size of job volume of hydraulic machines with center epicyclic transmission internal gear

In this paper to describe method of job volume of hydraulic machines with center epicyclic transmission internal gear.

Одержано 28.05.12

УДК 681.5:614.8

О.А. Бугайов, інж.
Консорціум "НВО" "Укргідроенергобуд"
В.Т. Колесник, інж.
Приватне підприємство "АРГ"

Система автоматичного моніторингу параметрів техногенно небезпечних об’єктів

В статті розглянута система, яка забезпечує постійний збір інформації, спостереження та контроль за технологічними параметрами техногенно та природно небезпечних об'єктів, з метою раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та забезпечення максимально можливого інтервалу часу для виконання відповідних дій службами реагування на надзвичайну ситуацію.

система моніторингу, безпека, канал зв'язку, техногенно небезпечний об’єкт, надзвичайна ситуація

Постановка проблеми. Побудова конкурентноздатної за всіма критеріями автоматизованої системи моніторингу є складною інженерною задачею, яка вимагає застосування різноманітних інформаційних технологій та спеціальних рішень. Як