

DÖRDBƏNDLİ RSCR FƏZA MEXANİZMİNİN VƏZİYYƏTLƏR PLANININ 3D KOMPÜTER MODELİNDƏ QURULMASI

*Mustafayev M.R., Rəhimova S.M., Yəhyayeva A.N.
Milli Aviasiya Akademiyası*

Məqalədə dördbəndli RSCR fəza mexanizminin vəziyyətlər planının qurulması üçün yeni sadə və kifayət qədər dəqiq qrafiki üsul təklif olunmuşdur və onun əsasında mexanizmin dirsək mancanaq və ya iki mancanaq mexanizmi olması şərtləri müəyyən edilmişdir. Mexanizmin vəziyyətlər planının qurulmasına dair təklif olunmuş yeni qrafiki üsul alqoritm qəbul edilərək aparılan bəndin dönmə bucağı ilə mexanizmin parametrləri arasında analitik ifadə alınmış və onun doğruluğu qrafiki üsulla yoxlanmışdır. Qrafiki qurmaların avtomatlaşdırılması üçün AutoCAD paketinə AutoLISP alqoritmik dilində əlavə işlənmişdir. Həmçinin, mexanizmin kənar vəziyyətlərini təyin etmək üçün metodika və onun reallaşdırılması üçün proqram təklif olunmuşdur.

Açar sözlər: Dördbəndli RSCR mexanizmi, fəza mexanizmi, 3D kompüter modeli, AutoCAD, Auto LISP, vəziyyətlər planı, qrafiki üsul, dirsək mancanaq mexanizmi, iki mancanaq mexanizmi.

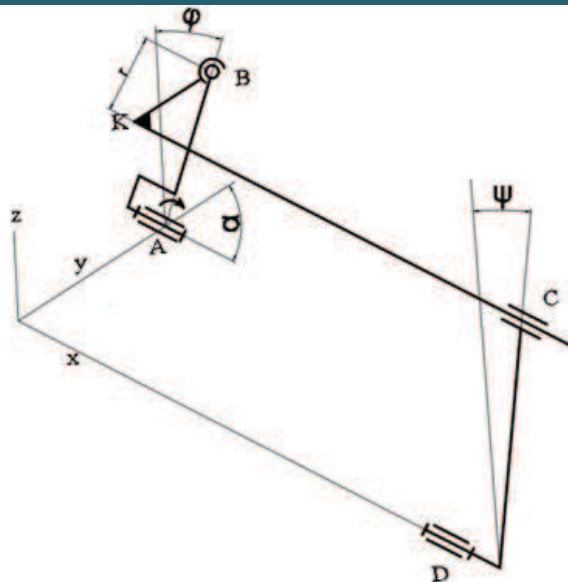
Fəza dörd bəndli mexanizmi, müstəvi dörd bəndli mexanizmlərinə nəzərən bir çox üstünlüklərə malik olsa da, o layiq olduğu tətbiq sahəsini tapmamışdır. Bunun əsas səbəblərindən biri bu mexanizmlərin analizi və sintezi üçün üsulların lazımi səviyyədə işlənilməməsidir [1]. Belə mexanizmlərdən biri də şəkil 1-də verilən, fırlanma (rotate), sferik (spere), silindrik (culinder) və fırlanma (rotate) kinematik cütləri ilə birləşmiş RSCR dördbəndli mexanizmdir. Fəza mexanizmlərinin analizi zamanı ən çətin məsələlərdən biri vəziyyətlər planının qurulmasıdır və şəkil 1-də göstərilən mexanizmin vəziyyətlər planının qurulmasına dair demək olar ki, ədəbiyyatda heç bir material yoxdur [2].

İşin məqsədi: RSCR dördbəndli fəza mexanizminin vəziyyətlər planının qurulması üçün 3D kompüter modelinə əsaslanmış öz əyaniliyi və sadəliyi ilə fərqlənən, dəqiqliyi analitik üsula yaxın olan, kompüter texnologiyaları ilə yerinə yetirilə bilən yeni üsulun işlənilməsidir.

Son illərdə yaranmış üçölçülü kompüter modelində belə məsələlərin həlli daha əlverişlidir. Bu üsulun əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, həndəsi elementlər üçölçülü elektron mühitində təsvir olunur və onların üzərində məntiqi əməliyyatlar aparmaqla məsələ həll edilir. Başqa sözlə, fəza məsələsi birbaşa üçölçülü modeldə həll edilir [3]. Bu işlərin yerinə yetirilməsi üçün AutoCAD qrafiki paketindən istifadə etmək daha məqsədəuyğundur. Belə ki, AutoCAD dünyada geniş yayılmışdır və əlavələrin işlənilməsi üçün açıqdır.

Şəkil 1-də təsvir olunan fəza dörd bəndli mexanizminin üçölçülü kompüter modelində vəziyyətlər planının qurulmasını nəzərdən keçirək.

AB aparıcı bənd və CD aparıcı bəndi dayaq bir hərəkətli fırlanma kinematik cütləri ilə, AB dirsəyi ilə BC hərəkət qolu üç hərəkətli-üçüncü sinif sferik kinematik cütü və BC hərəkət qolu ilə CD aparıcı bəndi iki hərəkətli-dördüncü sinif kinematik cütü vasitəsilə birləşdirilir. AB dirsəyinin fırlanma oxu xOy müstəvisi üzərində (və ya ona paralel olmaqla) y oxu ilə α bucağı əmələ gətirir, DC aparıcı bəndinin fırlanma oxu xOy müstəvisi üzərində olmaqla y oxu üzərinə düşür. C kinematik cütünün oxu D kinematik cütünün fırlanma oxuna paraleldir. C kinematik cütünün oxu ilə B cütü arasındakı məsafə r bərabərdir. Bəndlərin ölçülərindən asılı olaraq bu mexanizm dirsək-mancanaq və ya iki mancanaqlı ola bilər.



Şəkil 1. RSCR dördbəndli fəza mexanizminin kinematik sxemi

Əgər (1) şərti ödənilərsə mexanizm dirsək mancanaq mexanizmi, əks halda isə iki mancanaqlı mexanizmdir.

$$\begin{cases} r_1 - r \leq l_{min} \\ r_1 + r \geq l_{max} \end{cases} \quad (1)$$

burada, $r_1 = DC$, $l = \sqrt{y_B^2 + z_B^2}$, $y_B = y_A + AB \cdot \sin \varphi \cdot \cos \alpha$, $z_B = z_A + AB \cdot \cos \varphi$, L_{min} və L_{max} l -in min və max qiymətləridir.

Mexanizmin ölçülərindən və aparın bəndin dönmə bucağından asılı olaraq l_{min} və l_{max} qiymətlərini təyin etmək üçün *MATLAB* -da tərtib olunmuş aşağıda verilmiş proqramdan istifadə etmək olar.

```
AB=30; r=25; DC=70;fi=-1;
xA=0;yA=40;zA=50;xD=100; yD=0;zD=0;alf=30*pi/180;
for i= 1:361; fi=fi+1;fir=fi*pi/180;
xB=xA+AB*sin(fir)*sin(alf);
yB=yA -AB*sin(fir)*cos(alf);
zB=zA+AB*cos(fir);
OB0=(yB^2+zB^2)^0.5; OB(i)=OB0;ff(i)=fi;
end;
plot(ff,OB); Lmin=min(OB);Lmak=max(OB)
```

Mexanizmin sərbəstlik dərəcəsi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 ,$$

Burada n -tərpənən bəndlərin sayı, P_5 – beşinci sinif kinematik cütlərin sayı, P_4 – dördüncü sinif kinematik cütlərin sayı, P_3 – üçüncü sinif kinematik cütlərin sayı.

$$n = 3, P_5 = 2, P_4 = 1, P_3 = 1, \quad W = 1.$$

Məlum olduğu kimi, mexanizmlərin vəziyyətlər planı dedikdə, fırlanma oxlarının vəziyyəti və ölçüləri məlum olan mexanizmin aparın bəndin vəziyyətinə uyğun aparılan bəndin vəziyyətinin müəyyən edilməsi nəzərdə tutulur. Mexanizmin aparın və aparılan bəndləri ayrı-ayrı müstəvilər

üzərində hərəkət etdiyindən, dönmə bucağının hesabını aparmaq üçün başlanğıc vəziyyət kimi z oxunun müsbət istiqaməti qəbul edilmişdir.

Vəziyyətlər planının qurulması üçün, mexanizmin ölçüləri, aparan və aparılan bəndlərin fırlanma oxlarının vəziyyətləri məlum olduqda məsələnin həlli aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilə bilər:

- seçilmiş üçölçülü koordinat sistemində aparan və aparılan bəndlərin fırlanma oxları və uyğun olaraq onların üzərindəki A və D fırlanma mərkəzlərinin vəziyyəti müəyyən edilir;

- aparan bəndin verilmiş dönmə bucağına (φ) uyğun hərəkət qolu ilə birləşmə nöqtəsinin (B) vəziyyəti qurulur (bu məqsədlə AB bəndinin fırlanma oxuna perpendikulyar və A fırlanma mərkəzindən keçən müstəvi üzərində, mexanizmin z oxuna nəzərən φ bucağı qədər dönmüş, vəziyyəti qurulur);

- aparılan bənd ilə hərəkət qolunun hər ikisinə mənsub olan C görüşmə nöqtəsinin vəziyyəti, fırlanma oxu B nöqtəsindən keçən və iki hərəkətli dördüncü sinif C kinematik cütünün oxuna paralel yerləşən r radiuslu silindr səthi ilə, D nöqtəsindən aparılan bəndin fırlanma oxuna perpendikulyar olan müstəvi üzərindəki $r=DC$ radiuslu çevrənin kəsişmə nöqtəsi kimi təyin edilir. Bu halda çevrə ilə silindr səthi 3 cür qarşılıqlı vəziyyətdə ola bilər: kəsişməz, toxunar və kəsişər. Birinci halda mexanizm mövcud deyil. İkinci halda isə mexanizmin iki mövcud vəziyyətindən biri seçilir;

- C nöqtəsindən y oxunun əksi istiqamətində uzunluğu $(x_D - x_B)$ bərabər və y oxuna paralel düz xətt çəkilərək K nöqtəsi təyin edilir. A, B, K, C, D nöqtələri birləşdirilərək mexanizmin vəziyyəti qurulur;

- C nöqtəsinin fırlanma müstəvisi üzərində D nöqtəsindən z oxuna paralel çəkilmiş düz xətt ilə DC bəndi arası ψ bucağı təyin edilir. Bu əməliyyat təkrar edilərək $\psi=f(\varphi)$ asılılığı qurulur.

Qeyd olunan ardıcılıqla RSCR dördbəndli fəza mexanizminin 3D kompüter modelində vəziyyətlər planının qurulması üçün AutoLISP dilindən istifadə etməklə tərəfimizdən AutoCAD-a əlavə işlənmişdir, hansı ki, aşağıda verilir [4,5].

; RSCR- dördbəndli fəza mexanizminin 3D kompüter modelində vəziyyətlər planının qurulması üçün proqram

```
(defun c:zz ( / )
(setvar "TRIMEXTENDMODE" 0)
; Koordinat sisteminin seçilməsi və koordinat oxlarının çəkilməsi
(command "view" "SE" "ucs" "W" "erase" "all" ""
"cal" (cal "1*1"))(setvar "osmode" 0)
(setq xA 0 yA 40 zA 50 xD 100 yD 0 zD 0 alf 30 pA(list xA yA zA) pD(list xD yD zD) pz(list 0 0 20) p0(list 0 0 0))
(setq pA0(list xA yA 0))(command "line" p0 pz "" "line" p0 pA0 pA "" "line" p0 pD"")
(setq xA1(cal"xA+10*cos(alf)") yA1(cal"yA+10*sin(alf)") zA1 zA)
(setq pA1(list xA1 yA1 zA1))(command "line" pA pA1 "")
(command "ucs" "ZA" pA pA1 )
(setq AB 30 r 45 DC 70 fi 220) (setq zBu 0) (setq xBu(cal"-AB*sin(fi)") (setq yBu(cal"AB*cos(fi)")
(setq pBu(list xBu yBu zBu))
(command "circle" (list 0 0 0) AB) (command "Line" (list 0 0 0)pBu ""))(setq pB(cal"u2w(pBu)")
(command "ucs" "W" "ucs" "o" pB)
(command "line" (list 0 r 0) (list (* 1.5 xD) r 0)"")) (setq dog(entlast))
(command "Revolve" dog "" "x" ""))(setq sil (entlast)) (command "erase" dog "")
(command "ucs" "w" "ucs" "zA" pD p0) (command "section" sil "" "xy" ""))(setq ck (entlast))
(command "erase" sil "")
(command "circle" (list 0 0 0) DC) (setq cev2(entlast))
(command "trim" ck "" (list (- 0 DC) 0) "")) (command "erase" ck "")
(setq an1(cdr(assoc 50(entget cev2)))) (setq ksi1 (cal"an1*180/pi")) (print ksi1)
```

```
(setq an2(cdr(assoc 51(entget cev2)))) (setq ksi2 (cal"an2*180/pi")) (print ksi2)
(setq x1Cu(cal"DC*cos(ksi1)") y1Cu(cal"DC*sin(ksi1)"))
(setq pCu(list x1Cu y1Cu 0)) (setq pc (cal"u2w(pCu)"))
(command "line" (list 0 0 0) pcu "") (setq xB(cal"xA+AB*sin(fi)*sin(alf)"))
(setq x2Cu(cal"cl*cos(ksi2)") y2Cu(cal"cl*sin(ksi2)"))
(setq pCu (list x2Cu y2Cu 0)) (setq pc (cal"u2w(pCu)"))
(setq pKu(list x1Cu y1Cu (- xD xB))) (setq pK(cal"u2w(pKu)"))
(command "ucs" "W") (command "line" pD pC pK pB "")
(setvar "TRIMEXTENDMODE" 1)
(princ))
```

Alqoritmin 3-cü bəndində qeyd olunduğu kimi proqramın işləməsi nəticəsində φ -nin eyni bir qiymətinə uyğun C nöqtəsi üçün 2 qiymət alınır. Başqa sözlə, mexanizmin aparılan bəndinin 2 vəziyyəti qoyulan şərti ödəyir və bunlardan konstruktiv mümkünlük tələbinə uyğun olanı seçilir.

Mexanizmin kinematik tədqiqatında $\psi=f(\varphi)$ asılılığı üçün analitik ifadə daha əlverişli olduğunu və bu mexanizm üçün ədəbiyyatda belə bir ifadənin olmadığını nəzərə alaraq, qrafiki həll ardıcılığını alqoritm qəbul edərək aparılan bəndin dönmə bucağının aparılan bəndin dönmə bucağından asılılığına dair analitik ifadənin alınmasını nəzərdən keçirək.

$$\psi = \arctg \frac{y_k}{z_k} \quad (2)$$

burada $z_{k1,2} = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) / (2a)$; $y_{k1,2} = a_1 + b_1 z_{k1,2}$; $a = b_1^2 + 1$;
 $b = 2a_1 b_1$; $c = a_1^2 - r_1^2$; $r_1 = DC$; $r_2 = r$; $a_1 = (r_1^2 - r_2^2 + y_B^2 + z_B^2) / (2y_B)$;
 $b_1 = -\frac{z_B}{y_B}$; $y_B = y_A - AB \sin(\varphi) \cos(\alpha)$; $z_B = z_A + AB \cos(\varphi)$.

Yuxarıda verilmiş proqram əsasında qrafiki üsulla alınmış qiymətlərlə (2) ifadəsindən alınmış qiymətlər biri-biri ilə eynilik təşkil edir (cədvəl 1). Belə ki, müəyyənlik üçün $x_A=0$, $y_A=40$ mm, $z_A=50$ mm, $\alpha=30^\circ$, $x_D=100$ mm, $y_D=0$, $z_D=0$, $AB=30$ mm, $r=45$ mm, $DC=70$ mm (Bu mexanizm təxmin ölçülərə malikdir və yalnız metodiki əhəmiyyət kəsb edir).

Cədvəl 1

φ°	ψ°	
	Qrafiki üsulla	(2) ifadəsi ilə
0	- 3.1533	- 3.1533
120	-9.8922	-9.8922
200	25.9525	25.9525

Nəticə: RSCR dördbəndli fəza mexanizminin vəziyyətlər planının qurulması üçün 3D kompüter modelinə əsaslanmış, öz əyaniliyi və sadəliyi ilə fərqlənən, dəqiqliyi kifayət qədər yüksək olan, yeni qrafiki üsul və onun realizə edilməsini avtomatlaşdırmaq üçün AutoCAD paketinə əlavə işlənmişdir. Mexanizmin dirsək mancanaq və ya iki mancanaq mexanizmi olması şərti müəyyənləşdirilmişdir. Qrafiki həll ardıcılığı alqoritm qəbul edilərək, aparılan bəndin dönmə bucağının, aparılan bəndin dönmə bucağından asılılığına dair yeni sadə və kifayət qədər dəqiq analitik ifadə alınmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Полухин В.П. Проектирование механизмов швейно-обметочных машин. - М. «Машиностроение», 1972, стр. 280.
2. Кинематический анализ пространственного четырехзвенника RSCR.
<https://cccp3d.ru>>....> Детали машин и механизмов
3. Хлебосолов И.О. Графоаналитические методы расчета механизмов с использованием ЭВМ // Теория механизмов и машин. 2004. №2. Том 2, с. 40-44.
4. Лич Дж. Энциклопедия AutoCAD 2002. СПб.: Питер, 2002-1072 с.

5. Полешук Н.Н., Лоскутов П.В. AutoLISP и Visual LISP в среде AutoCAD. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 960 с.

REFERENCES

1. Polukhin V.P. Projektirovanie mekhanizmov shveyno-obmetochnik mashin. M.«Mashinostroenie», 1972, str. 280.
2. Kinematicheskiy analiz prostanstvennogo chetirekhzvennogo RSCR.
[https://cccp3d.ru>...>Detali ماشین i mexanizmov](https://cccp3d.ru>...>Detaliماشینi mexanizmov)
3. Khlebosolov I.O. Qrafoanaliticheskie metody racheta mekhanizmov s ispolzovaniem EVM // Teoriya mekhanizmov i mashin. 2004. №2. Tom 2, s. 40-44.
4. Lich Dj. Ensiklopediya AutoCAD 2002. SPb.: Piter, 2002-1072 s.
5. Poleshuk H.H., Loskutov P.V. AutoLISP i Visual LISP v srede AutoCAD. SPb.: BKHV-Peterburg, 2006, 960 s.

CONSTRUCTION OF THE POSITION PLAN OF THE SPATIAL FOUR-LINK RSCR MECHANISM ON A 3D COMPUTER MODEL

National Aviation Academy

Mustafayev M.R., Ragimova S.M., Yakhyayeva A.N.

In the article, a new simple, but sufficiently accurate graphic method is proposed for the location plan of the position of the spatial four-link RSCR mechanism of the 3D computer model, and the condition of the existence of the crank is determined based on it. Using a graphical solution as an algorithm, the analytical relationship between the angle of the driven link and the parameters of the mechanism is derived. The reliability of the analytical dependence is verified graphically. An addition to the AutoCAD package was developed in the algorithmic language AutoLISP for the automation of graphic constructions.

Keywords: *Four-link RSCR mechanism, spatial mechanism, 3D computer model, AutoCAD, AutoLISP, layout plan, graphic method, crank arm mechanism, two arm mechanism.*

Rəyçi: *t.e.d., prof. Cənəhmədov Ə.X.*

Müəllif haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Mustafayev Mustafa Rəhim oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası, Nəqliyyat mexanikası kafedrası	t.e.d., professor	musta-mro@rambler.ru mob: 050 613-38-14
Rəhimova Səidə Məmməd qızı	Milli Aviasiya Akademiyası, Nəqliyyat mexanikası kafedrası	müəllim	saida_abdullayeva@bk.ru mob: 050 508-86-97
Yəhyayeva Aygül Nazir qızı	Milli Aviasiya Akademiyası, Nəqliyyat mexanikası kafedrası	müəllim	aygul.yehyayeva@mail.ru mob. (+994) 55 886-98-57