

BEŞ BƏNDLİ FƏZA MEXANİZMİNİN APARILAN BƏNDİNİN KƏNAR VƏZİYYƏTLƏRİNİN QRAFİKİ ÜSULLA TƏYİNİ

Mustafayev M.R., Rəhimova S.M.

Milli Aviasiya Akademiyası

Məqalədə, mexanizmlərin layihələndirilməsi zamanı vacib məsələlərdən biri olan aparıcı bəndinin bir tam dövrü üçün, maşının işçi orqanı ilə bir val üzərində yerləşən aparılan bəndinin nə qədər döndüyünün müəyyən edilməsi üçün beş bəndli dirsəkli mancanaq fəza mexanizmi araşdırılır. Mexanizmin aparılan bəndinin daxili və xarici kənar vəziyyətlərinin təyini üçün, 3D kompüter modelində mexanizminin kənar vəziyyətlərində B, C, D nöqtələrinin aparıcı bəndin fırlanma oxundan keçən müstəvi üzərində yerləşməsi şərtindən, sadə, kifayət qədər dəqiq qrafiki üsul və onun realizə edilməsinə avtomatik rejimdə yerinə yetirilməsini təmin etmək üçün AutoCAD qrafiki paketinə işlənmiş əlavənin proqramı verilmişdir. Qrafiki üsulla alınmış nəticələrin doğruluğu diaqramlar üsulu ilə yoxlanılmışdır.

Açar sözlər: *Beş bəndli mexanizm, fəza mexanizmi, dirsəkli mancanaq mexanizmi, daxili kənar vəziyyət, xarici kənar vəziyyət, 3D kompüter modeli, AutoCAD, qrafiki üsul.*

İşin məqsədi: Beş bəndli fəza dirsəkli mancanaq mexanizminin aparılan bəndinin kənar vəziyyətlərinin təyini üçün qrafiki üsulun və onu realizə edilməsinə dair AutoCAD-a əlavənin işlənilməsidir.

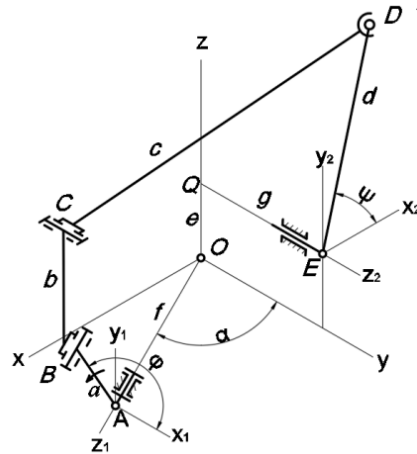
Məsələnin həlli. Məlum olduğu kimi, fəza mexanizmləri müstəvi mexanizmlərinə nisbətən bir çox üstünlüklərə malik olsalar da, onlar layiq olduğu tətbiq sahəsi tapmamışdı. Bunun əsas səbəblərin- dən biri kimi bu mexanizmlərin sintezi və analizi üçün üsulların kifayət qədər işlənilmədiyini göstərmək olar. Mexanizmin tədqiqi zamanı ən vacib məsələlərdən biri, onun aparıcı bəndinin bir tam dövrü zamanı, maşının işçi orqanı ilə bir val üzərində yerləşən aparılan bəndinin nə qədər döndüyünün müəyyən edilməsi hesab olunur. Bu məsələ müstəvi mexanizmlərdə mürəkkəb olmasa da, fəza mexanizmlərində bir qədər mürəkkəbdir. Kinematik sxemi şəkildə təsvir olunmuş, tikiş maşınlarında istifadə olunan [1], beş bəndli fəza mexanizminin kənar vəziyyətinin təyin edilməsini nəzərdən keçirək. Ədəbiyyatda bu məsələyə dair heç bir materiala rast gəlinmədiyindən qoyulan məsələ aktualdır. Mexanizmdə dörd fırlanma (A, B, C, E) və bir sferik (D) kinematik cütü vardır. B kinematik cütünün fırlanma oxu AB çarx qolunun fırlanma oxuna paraleldir. C kinematik cütünün fırlanma oxu BC bəndinə və onun fırlanma oxuna perpendikulyardır. Mexanizmin parametrləri, aparıcı və aparılan bəndlərin dönmə bucaqları kinematik sxemdə verilmişdir.

Müəyyənlik üçün qəbul edirik, $OA=f=104$ mm, $AB=a=45$ mm, $BC=b=75$ mm, $CD=c=100$ mm, $ED=d=100$ mm, $\alpha=60^\circ$, $g=85$ mm, $e=45$ mm. (Mexanizm təqribi ölçülərlə götürüldüyündən, nəticələr yalnız metodiki əhəmiyyət kəsb edir).

Aparıcı bəndin (AB) (çarx qolunun) eyni istiqamətə hərəkəti zamanı bir tam dövründə ED aparılan bəndi iki dəfə (kənar vəziyyətlərdə) dayanaraq hərəkət istiqamətini dəyişir. Bu kənar vəziyyətlər xarici və daxili kənar vəziyyətlər adlandırılır. AB çarx qolunun və ED aparılan bəndinin kənar vəziyyətləri uyğun olaraq φ_1 və φ_2 , ψ_1 və ψ_2 təyin edilir. Aparılan bəndin dönmə bucağı $\psi_1 = \psi_2$, buna uyğun olan aparıcı bəndin dönmə bucağı $\varphi_0 = 360 - \varphi_1 - \varphi_2$ olur.

$\varphi_0/(360^\circ - \varphi_0) = k$ əmsalı hərəkət sürətinin dəyişmə əmsalı adlanır.

T e o r e m. Əgər aparılan bəndi sferik kinematik cütə birləşmiş ABCDE beş bəndli fəza mexanizminin (şəkil 1) hərəkəti zamanı B, C, D nöqtələri aparılan bəndin fırlanma oxundan keçən bir müstəvi üzərində yerləşərsə ED aparılan bəndi kənar vəziyyətini alır.



Şəkil 1. Beş bəndli fəza mexanizminin kinematik sxemi

İlk növbədə kənar vəziyyətlərdə A, B, C, D nöqtələri, aparılan bəndin fırlanma oxundan keçən müstəvi üzərində yerləşməsi şərtini isbat edək. Qeyd olunduğu kimi mexanizmin kənar vəziyyətində aparılan bəndin sürəti sıfır olur. Yəni kənar vəziyyətdə CD bəndinin, həmçinin D nöqtəsinin sürəti sıfır olur. Digər tərəfdən məlumdur ki, yastı paralel hərəkət edən bərk cismin iki nöqtəsinin sürətinin, həmin nöqtələri birləşdirən düz xətt üzərində proyeksiyası biri-birinə bərabər olur. Deməli kənar vəziyyətlərdə, C nöqtəsinin sürəti DC xəttinə perpendikulyar, yəni C kinematik cütünün fırlanma oxu istiqamətində olur. Digər tərəfdən BC bəndinə baxsaq kənar vəziyyətdə C nöqtələrinin BC xətti üzərində proyeksiyası sıfır bərabərdir (məsələnin şərtinə görə C kinematik cütünün fırlanma oxu BC və B fırlanma oxuna perpendikulyardır). Həmçinin B nöqtəsinin sürəti A kinematik cütünün fırlanma oxundan və AB xəttindən keçən müstəviyə perpendikulyardır. Beləliklə, mexanizmin kənar vəziyyətində, B nöqtəsinin sürəti C kinematik cütünün fırlanma oxuna paralel olur və bu isə öz növbəsində mexanizmin kənar vəziyyətlərdə B, C, D nöqtələrinin, aparılan bənd və onun fırlanma oxundan keçən müstəvi üzərində olduğunu təsdiqləyir.

Qeyd olunanları nəzərə almaqla mexanizmin kənar vəziyyətini 3D kompüter modelində təyin olunmasını nəzərdən keçirək.

Bu məqsədlə mexanizmi xəyalən D kinematik cütündən ayıraq və AB, BC və CD bəndlərini, A kinematik cütünün fırlanma oxundan və AB xəttindən keçən müstəvi üzərinə salaq. Bu halda D nöqtəsinin C nöqtəsinə nəzərən nisbi hərəkəti nəticəsində vəziyyətlər çoxluğu, qeyd olunan müstəvi üzərində mərkəzi C nöqtəsində yerləşən, radiusu isə CD bəndinin uzunluğuna bərabər olan çevrə olur. Çevrənin mərkəzindən A kinematik cütünün fırlanma oxuna qədər olan məsafə $(AB+BC)$ və $(BC-AB)$ qiymətlərini ala bilər. Qeyd olunan çevrənin OA oxu ətrafında fırlanmasından isə tor alınır.

Əgər tam mexanizmə qayıtsaq məlumdur ki, D nöqtəsi E nöqtəsindən keçən ED bəndinin fırlanma oxuna perpendikulyar müstəvi üzərində hərəkət edir. Odur ki, mexanizmin kənar vəziyyətinə uyğun gələn D nöqtəsinin vəziyyəti qeyd olunan tor ilə D nöqtəsinin cızdığı çevrənin kəsişmə nöqtəsi olacaqdır. Əgər torun alınması zamanı fırlanma oxuna qədər olan məsafə $(AB+BC)$ götürülsə xarici kənar vəziyyət, $(BC-AB)$ götürülsə daxili kənar vəziyyət tapılır.

Qeyd olunan məsələnin həllində tor səthi ilə müstəvinin kəsişmə xəttinin qurulması ən çox zəhmət tələb edir, əgər onun asan yolu tapılırsa məsələ asanlıqla həll olunar.

Bu məsələnin həlli üçün AutoCAD qrafiki paketi daha münasibdir. Belə ki, əlavələr üçün açıqdır, istifadəçilər arasında geniş yayılmışdır, 3D mühitində fəza fiqurlarının müstəvi ilə kəsişən xəttinin qurulması nəzərdə tutulmuşdur, yüksək səviyyəli proqramlaşma dili AutoLISP və CAD hesablama sistemi ilə təchiz edilmişdir [2, 3]. AutoCAD-a əlavələrin işlənməsi hesablamalar və həndəsi qurmalar üçün vahid mühitin yaradılmasının əlverişli üsullarından biridir.

Qoyulan məsələnin AutoCAD-da həlli üçün şimal-şərq izometrik üçölçülü koordinat sistemi (NE) seçilir və koordinat oxlarının istiqaməti şəkilə uyğunlaşdırılır.

Qoyulan məsələnin AutoCAD-da həlli aşağıdakı alqoritmə uyğun həyata keçirilir:

1. Şimal-şərq izometrik üçölçülü koordinat sistemi (NE) seçilir və koordinat oxlarının istiqaməti şəkilə uyğunlaşdırılır. $E(0, g, e)$, $Q(0,0,e)$ nöqtələrini birləşdirən düz xətt çəkilir.

2. $x_A=f*\sin(\alpha)$, $y_A=f*\cos(\alpha)$, $z_A=0$ koordinatları ilə koordinat başlanğıcından OA düz xətti çəkilir.

3. Z oxu OA xətti üzərinə düşən və koordinat başlanğıcı O nöqtəsində yerləşən koordinat sistemi yaradılır və onun mərkəzi O nöqtəsindən A nöqtəsinə köçürülür.

4. Bu koordinat sistemində x_1Ay_1 müstəvisində A nöqtəsindən x_1 oxu ilə 90° bucaq əmələ gətirən və uzunluğu $(AB+BC)$ bərabər olan düz xətt çəkilir və x_1Ay_1 koordinat sistemi bu xəttin digər ucuna köçürülür və y_1 oxu ətrafında 90° döndərilir. Bu koordinat sistemində mərkəzi koordinat başlanğıcında olan və radiusu CD olan C çevrəsi çəkilir (əgər $CD > (AB+BC)$ çevrənin OA xəttindən aşağıda qalan hissəsi kəsilərək atılır).

5. C çevrəsini OA düz xətti ətrafında fırladaraq T toru qurulur.

6. Z oxu QE düz xətti üzərinə düşən (istiqaməti Q-dən E yönəlmiş) və koordinat başlanğıcı E nöqtəsində yerləşən koordinat sistemi yaradılır və onun xy müstəvisi ilə T torunun kəsişmə xətti qurulur.

7. Mərkəzi koordinat başlanğıcında olan və radiusu ED bəndinin uzunluğuna bərabər olan C_D çevrəsi çəkilir və onunla torun xy müstəvisi ilə kəsişmə xəttinin kəsişmə nöqtəsi, xarici kənar vəziyyətdə D nöqtəsinin vəziyyətini müəyyən edir.

8. Mərkəzi D nöqtəsində yerləşən və radiusu CD bəndinin uzunluğuna bərabər olan K kürəsi qurulur və onun x_1Ay_1 müstəvisi ilə kəsişməsindən alınan C_k çevrəsi çəkilir.

9. C_k çevrəsinin radiusu r_k , mərkəzi O_k təyin edilir və x_1Ay_1 müstəvisi üzərində mərkəzi O_k nöqtəsində yerləşən $(r_k + b)$ radiusu çevrə çəkilir, bu çevrə ilə apan bəndin B nöqtəsinin cızdığı çevrənin toxunma nöqtəsi qeyd olunur. Bu nöqtə apan bəndin kənar vəziyyətə uyğun vəziyyəti olur.

İkinci (daxili) kənar vəziyyətin təyini qeyd olunan alqoritmlə, yalnız dördüncü bənddə $(AB+BC)$ əvəzinə $(BC-AB)$ götürməklə yerinə yetirmək olar.

Qeyd olunan alqoritmlə məsələni həll etmək üçün Auto LISP alqoritmik dilində tərtib olunmuş proqram aşağıda verilmişdir .

Bes bəndli fəza mexanizminin qrafiki üsulla kənar vəziyyətlərinin təyini üçün Auto CAD paketinə işlənmiş əlavənin proqramı

; Bes bəndli fəza mexanizminin qrafiki üsulla kənar vəziyyətlərinin təyini

(defun c:zz (/)

(c:zzx)

(c:zzd)

(princ))

(defun c:zzx (/)

;Xarici kənar vəziyyətin təyini

(command "erase" "all" "" "view" "NeI" "ucs" "W" "cal" (cal "1*1"))(setvar "osmode" 0)

(command "line"(list 0 120 0)(list 0 0 0)(list 120 0 0)"")) ;(getpoint)

```
(setq am 45 bm 75 cm 100 dm 100 fm 104 gm 85 em 45 alf 60 )
(setq ya(* fm (cal"cos(alf)")) xa(* fm (cal"sin(alf)")))
(command "line"(list 0 0 0)(list xa ya 0 )"" )(setq loa(entlast))
(command "line"(list 0 gm 0)(list 0 gm em)(list 0 0 em)(list 0 0 0)"" )
(setq pa(list xa ya 0))(command "ucs" "zA" (list 0 0 0) PA "ucs" "o" (list 0 0 fm))
(command "circle" (list 0 0 0) am "line" (list 0 0 0)(list 0 (+ am bm) 0)"" ) ;(getpoint)
(command "ucs" "o" (list 0 (+ am bm)0 ) "ucs" "y" "" )
(command "circle" (list 0 0 0 ) cm) (setq cev (entlast))
(command "revolve" cev "" "o" loa"" )(setq tor (entlast))
(command "ucs" "w" "ucs" "za" (list 0 0 em) (list 0 gm em) "ucs" "o" (list 0 0 gm))
(command "section" tor "" "xy" "" )(setq tk (entlast))
(command "erase" tor "" ) (command "circle" (list 0 0 0 ) dm)(setq c (entlast))
(command "trim" tk "" "c" (list (+ dm 1) 0 0)"" (list (- dm 5) 1 0) "" )
(command "erase" tk "" )
(setq an(cdr(assoc 50(entget(entlast)))))
(setq kss(cal"an*180/3.141593")) (print kss) (setq ksikx kss)
(setq xD(cal"dm*cos(kss)") yD(cal"dm*sin(kss)"))(setq PDu(list xD yD 0) )
(command "line" (list 0 0 0) (list xD yD 0) "" ) (setq pDw(cal"u2w(PDu)"))
(command "erase" c "" ) (command "ucs" "w" "line" (list 0 0 0) pA "" )
(command "sphere" pDw dm) (setq sfe (entlast))
(command "ucs" "ZA" (list 0 0 0) pA "ucs" "o" (list 0 0 fm))
(command "section" sfe "" "xy" "" )(setq tk (entlast))
(command "erase" sfe "" ) (command "explode" (entlast))
(setq pme(cdr(assoc 10 (entget(entlast))))) (print pme)
(setq xme (nth 0 pme) yme(nth 1 pme)) (setq rme(cdr(assoc 40 (entget (entlast)))))
(setq rr(+ bm rme)) (print rr)
(command "circle" (list xme yme 0) rr)(command "line" (list 0 0 0) (list xme yme 0) "" )
(setq fikx(cal"atan(yme/xme)")) (print fikx) (print ksikx)
; Xarici kənar vəziyyətə uyğun fikx ve ksikx qiymətləri təyin edildi
(princ))
(defun c:zzd ( / )
;Daxili kənar vəziyyətinin təyini
(setvar "TRIMEXTENDMODE" 0)
(command "erase" "all" "" "view" "NeI" "ucs" "W" "cal" (cal "1*1"))(setvar "osmode" 0)
(command "line"(list 0 120 0)(list 0 0 0 )(list 120 0 0)"" ) ;(getpoint)
(setq am 45 bm 75 cm 100 dm 100 fm 104 gm 85 em 45 alf 60 )
(setq ya(* fm (cal"cos(alf)")) xa(* fm (cal"sin(alf)")))
(command "line"(list 0 0 0)(list xa ya 0 )"" )(setq loa(entlast))
(command "line"(list 0 gm 0)(list 0 gm em)(list 0 0 em)(list 0 0 0)"" )
(setq pa(list xa ya 0))(command "ucs" "zA" (list 0 0 0) PA "ucs" "o" (list 0 0 fm))
(command "circle" (list 0 0 0) am "line" (list 0 0 0)(list 0 (- bm am) 0)"" )
(command "ucs" "o" (list 0 (- bm am)0 ) "ucs" "y" "" )(command "circle" (list 0 0 0) cm)(setq
cev(entlast))
(setq pk1(list cm (- 0 (- bm am)) 0) pk2(list (- 0 cm) (- 0 (- bm am)) 0))
(command "line" pk1 pk2 "" )(setq Lk(entlast))
;Əgər (- bm am)< cm olarsa "cev" OA xəttindən aşağı hissəsi nəzərdən atılır
(command "trim" lk "" (list 0 (- 0 cm) 0)"" ) ;(getpoint)
```

```
(command "revolve" cev "" "o" Lk "")(setq tor (entlast))
(command "ucs" "w" "ucs" "za" (list 0 0 em) (list 0 gm em) "ucs" "o" (list 0 0 gm))
(command "section" tor "" "xy" "")(setq tk (entlast))
(command "erase" tor "" ) (command "circle" (list 0 0 0 ) dm)(setq c (entlast))
(command "trim" tk "" "c" (list (+ dm 1) 0 0) "" (list (- dm 5) 1 0) "")
(command "erase" tk "")
(setq an(cdr(assoc 50(entget(entlast)))))
(setq kss(cal"an*180/3.141593")) (print kss) (setq ksik d kss)
(setq xD(cal"dm*cos(kss)") yD(cal"dm*sin(kss)"))(setq PDu(list xD yD 0) )
(command "line" (list 0 0 0) (list xD yD 0) "") (setq pDw(cal"u2w(PDu)"))
(command "erase" c "") (command "ucs" "w" "line" (list 0 0 0) pA "")
(command "sphere" pDw dm) (setq sfe (entlast))
(command "ucs" "ZA" (list 0 0 0) pA "ucs" "o" (list 0 0 fm))
(command "section" sfe "" "xy" "")(setq tk (entlast))
(command "erase" sfe "" ) (command "explode" (entlast))
(setq pme(cdr(assoc 10 (entget(entlast))))) (print pme)
(setq xme (nth 0 pme) yme(nth 1 pme)) (setq rme(cdr(assoc 40 (entget (entlast)))))
(setq rr(+ bm rme)) (print rr)
(command "circle" (list xme yme 0) rr)(command "line" (list 0 0 0) (list xme yme 0) "");(getpoint)
(setq      fik1(cal"atan(yme/xme)"))      (setq      fikd(+      fik1      180))

(print fikd) (print ksikd)
; Daxili kənar vəziyyəti fik d və ksik d təyin edildi
(princ))
```

Alınmış nəticələrin düzgünlüyü $\psi=f(\varphi)$ asılılığından alınan qiymətlərlə yoxlanılmışdır. Yuxarıda qeyd olunan ölçülərə uyğun mexanizmin kənar vəziyyətləri $\varphi_{kx} = 57.4317^0$, $\psi_{kx} = 71.6353^0$; $\varphi_{kd} = 251.045^0$, $\psi_{kd} = 128.997^0$

Nəticə. Beş bəndli dirsəkli mancanaq fəza mexanizminin aparılan bəndinin kənar vəziyyətlərini təyin etmək 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 qrafiki paketinə əlavə işlənilmişdir. Həllin doğruluğu diaqramlar üsulu ilə yoxlanılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Полухин В.П. Проектирование механизмов швейно-обметочных машин. М. «Машиностроение», 1972, 280стр.
2. Лич Дж. Энциклопедия AutoCAD 2002. СПб.: Питер, 2002, 1072с.
3. Полешук Н.Н., Лоскутов П.В. AutoLISP и Visual LISP в среде AutoCAD. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 960с.

REFERENCES

1. Polukhin V.P. Proyektirovanie mekhanizmov shveyno-obmetochnikh mashin. - M.: Mashinostroyeniye, 1972, 280str.
2. Lich Dj. Ensiklopediya AutoCAD 2002. SPb.: Piter, 2002, 1072s.

3. Poleshuk H.H., Loskutov P.V. AutoLISP i Visual LISP v srede AutoCAD. SPb.: BKhV-Peterburg, 2006, 960s.

DETERMINING THE EXTREME POSITION OF THE DRIVEN LINK OF A FIVE-LINK SPATIAL MECHANISM GRAPHICALLY

Mustafayev M.R., Rahimova S.M.
National Aviation Academy

In the article, one of the important issues during the design of the mechanisms, in order to determine how much the drive shaft rotates on a shaft with the working body of the machine during one full cycle of the drive shaft, to determine the internal and external edge positions of the drive shaft of the five-point crank crank space mechanism, 3D computer A simple, fairly accurate graphic method and a program of an add-on to the AutoCAD graphic package to ensure its implementation in automatic mode are provided, provided that points B, C, D are located on the plane passing through the axis of rotation of the driving element in the outer states of the mechanism in the model. The accuracy of the results obtained by the graphic method was checked by the method of diagrams.

Keywords: Five-point mechanism, space mechanism, crank mechanism, internal edge condition, external edge condition, 3D computer model, AutoCAD, graphic method.

Rəyçi: t.e.d., prof. Cənəhmədov Ə.X.

Müəlliflər haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Mustafayev Mustafa Rəhim oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası, (MAA)	Nəqliyyat mexanikası kafedrasının professoru, t.e.d.	musta-mro@rambler.ru mob: (+994) 50 613 38 14
Rəhimova Səidə Məmməd qızı	MAA	Nəqliyyat mexanikası kafedrasının müəllimi	saida_abdullayeva@bk.ru mob: (+994) 50 508 86 97