

TEXNİKA ELMLƏRİ TECHNICAL SCIENCES

DOI: <https://doi.org/10.36719/2663-4619/123/150-155>

Savalan Kərimov

Azərbaycan Texniki Universiteti

texnika üzrə fəlsəfə doktoru

<https://orcid.org/0000-0001-7711-6683>

savalan.kerimov@mail.ru

Səmayə Bağirova

Azərbaycan Texniki Universiteti

<https://orcid.org/0000-0003-3273-9937>

bagirova.samaya@bk.ru

Həbibəxanım Rzayeva

H.Əliyev adına Hərbi İnstitut

<https://orcid.org/0009-0007-3138-6822>

rena.rzayeva64@gmail.com

Sabit sürətli hərəkət qanununu reallaşdıran beşbəndli yastı kulis mexanizmin sintezinə dair

Xülasə

İki sərbəstlik dərəcəsinə malik beşbəndli yastı kulis mexanizmin tərkibinə bir ədəd ali kinematik cüt əlavə etməklə onu sərbəstlik dərəcəsi vahid olan mexanizmə çevirirlər. Mexanizmin kinematik sxemində aparılan bu dəyişiklik çıxış bəndinin tələb olunan hərəkət qanununu dəqiq reallaşdırmağa imkan yaradır. Məqalədə xüsusi hal kimi, çıxış bəndinin sabit sürətli hərəkətini reallaşdıran mexanizmin qrafo-analitik üsulla həllinə baxılmışdır. Çıxış bəndinin tələb olunan sabit sürətli hərəkət qanununu reallaşdırma bilən nöqtənin trayektoriyası tapılmışdır.

Açar sözlər: *sintez, kulis, sərbəstlik dərəcəsi, bənd, kinematik cüt, mexanizm*

Savalan Kharimov

Azerbaijan Technical University

PhD in Engineering

<https://orcid.org/0000-0001-7711-6683>

savalankerimov@mail.ru

Samaya Bagirova

Azerbaijan Technical University

<https://orcid.org/0000-0003-3273-9937>

bagirova.samaya@bk.ru

Habibakhanım Rzayeva

Military Institute named after H. Aliyev

<https://orcid.org/0009-0007-3138-6822>

rena.rzayeva64@gmail.com

On the Synthesis of a Five-Link Planar Slide Mechanism That Realizes Uniform (Constant) Velocity Motion Law

Abstract

A five-link planar slider mechanism possessing two degrees of freedom can be transformed into a single-degree-of-freedom mechanism by introducing an additional higher kinematic pair into its configuration. This modification in the kinematic scheme enables the precise realization of the desired motion law of the output link. As a particular case, the paper examines the graph-analytical solution of a mechanism that ensures uniform (constant-velocity) motion of the output link. The trajectory of the point capable of producing the required constant-velocity motion law of the output link has been determined.

Keywords: synthesis, slider mechanism, degree of freedom, link, kinematic pair, mechanism

Giriş

Yastı lingli mexanizmlər vasitəsi ilə tələb olunan hərəkət qanunun dəqiq reallaşması xüsusi hallarda mümkün olur. Bu səbəbdən verilmiş hərəkət proqramını reallaşdırmaq üçün funksiyaların yaxınlaşdırılması üsulları ilə təxmini sintezdən istifadə edilir (Kəngərli, 2021).

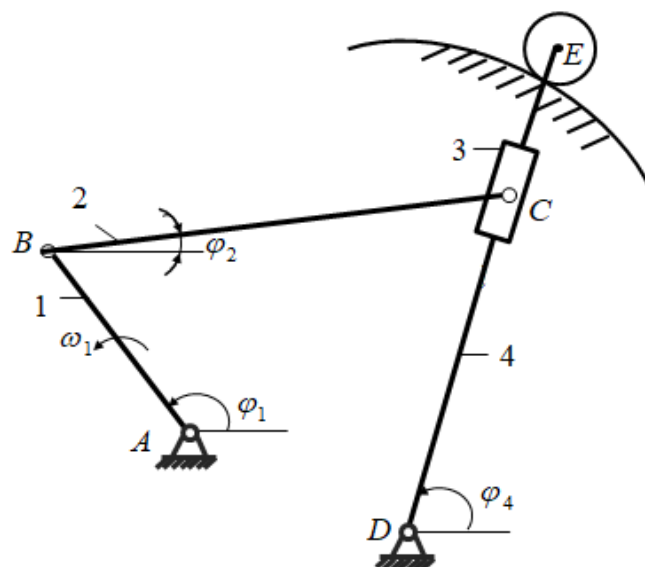
Texnikada bir sıra hallarda tələb olunan hərəkət qanunun dəqiq reallaşdırılması tələb olunur. (Kerimov, Rzayeva & Həsənov, 2011). Bu tələbin yastı lingli mexanizmlər vasitəsi ilə yerinə yetirilməsi həmin mexanizmlərin bəndlərinin sayının artmasına səbəb olur (Əliyev & Kəngərli, 2009). Bu cür mexanizmlərin çox saylı kinematik cütlərində yaranan araboşluqları və bəndlərin deformasiyası səbəbindən tələb olunan hərəkət qanunu dəqiq reallaşmır (Sommese, 1992). Bu səbəbdən nisbətən az saylı bəndlərdən ibarət yastı mexanizmlər vasitəsi ilə dəqiq sintez məsələsinin həlli həmişə aktualdır (Zhou & Cheunq, 2001).

Tədqiqat

Beşbəndli yastı kulis mexanizmin sintezinə dair

Şəkil 1-də beşbəndli yastı kulis mexanizm göstərilib. E nöqtəsində diyircək olmasa, mexanizm sərbəstlik dərəcəsi iki olan yastı lingli mexanizm olar (Kerimov & Rzayeva, 2010).

Şəkil 1. Beşbəndli yastı kulis mexanizmin kinematik sxemi



Mexanizmin sərbəstlik dərəcəsinin vahid olması üçün E nöqtəsində diyircək götürək və onun DE radiuslu qövs üzrə tərpənməz bənd üzərində açılmış kanalda hərəkəti təmin olunmalıdır (Xalilov, Kerimov & Rzayeva, 2017). Diyircəyin öz oxu ətrafında fırlanması yerli sərbəstlik dərəcəsidir. Həmin hərəkət yerli sərbəstlik dərəcəsi adlanır. Diyircəyin öz oxu ətrafında fırlanması mexanizmin bəndlərinin hərəkətinə təsir etmir (Kerimov, Həşimov & Həsənov, 2012).

Diyircək tərpənməz bəndlə ali kinematik cüt təşkil edir. Bu halda mexanizmin sərbəstlik dərəcəsi

$$W=3n-2p_1-p_2=3 \times 4-2 \times 5-1=1 \text{ olur.}$$

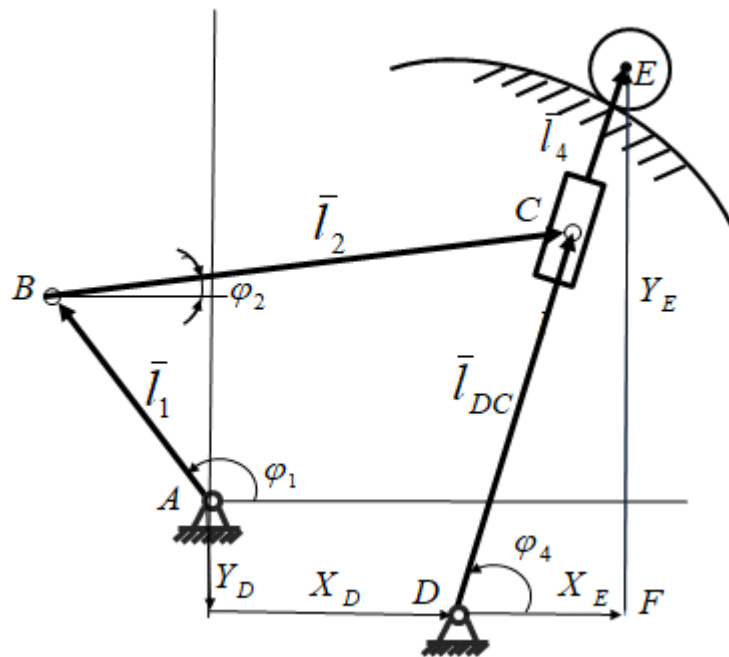
E nöqtəsində quraşdırılan diyircək DE bəndinin tələb olunan hərəkət qanununun reallaşmasına imkan verəcək.

Çıxış - dördüncü bəndin tələb olunan hərəkət qanunun ödənilməsi üçün mexanizmin kinematik analizinə başqa sözlə, vəziyyətlər məsələsinə baxaq (Kim & Yoo, 2014). Bunun üçün qapalı vektor konturları üsulundan istifadə edəcəyik (Kerimov, Bagirova & Həşimov, 2023).

Beşbəndli yastı kulis mexanizmin vektor üsulu ilə kinematik analizi

Şəkil 2-də mexanizmin qapalı vektor konturları göstərilib. Göründüyü kimi mexanizm iki qapalı konturdan: ABCDA və DEFD-dən ibarətdir.

Şəkil 2. Beşbəndli yastı kulis mexanizmin qapalı vektor konturları



Övvəlcə birinci konturun qapalılıq şərtini yazaq

$$\vec{l}_1 + \vec{l}_2 = \vec{Y}_D + \vec{X}_D + \vec{l}_{DC} \quad (1)$$

Bu konturda φ_1 – ümumiləşmiş koordinatı verildiyindən iki φ_2 və $\vec{l}_{DC}$ dəyişən məchul var. Həmin məchulları tapmaq üçün (1) vektor tənliyini skalyar surətdə

$\vec{i}$ və $\vec{j}$ vahid vektorlarına vuraq. Başqa sözlə (1) qapalılıq şərtini koordinat oxlarına proyektəndirək .

$$l_1 \cdot \cos\varphi_1 + l_2 \cdot \cos\varphi_2 = X_D + l_{DC} \cdot \cos\varphi_4 \quad (2)$$

$$l_1 \cdot \sin\varphi_1 + l_2 \cdot \sin\varphi_2 = Y_D + l_{DC} \cdot \sin\varphi_4$$

Bu tənliklər sistemindən $\bar{l}_{DC}$ məsafəsini tapmaq üçün, φ_2 daxil olan hədləri təkləyib, tərəfləri kvadrata yüksəldib, toplamaq lazımdır.

$$l_2 \cdot \cos \varphi_2 = X_D + l_{DC} \cdot \cos \varphi_4 - l_1 \cdot \cos \varphi_1 \quad (3)$$

$$l_2 \cdot \sin \varphi_2 = Y_D + l_{DC} \cdot \sin \varphi_4 - l_1 \cdot \sin \varphi_1$$

$$l_2^2 \cdot \cos^2 \varphi_2 = X_D^2 + l_{DC}^2 \cdot \cos^2 \varphi_4 + l_1^2 \cdot \cos^2 \varphi_1 + 2X_D \cdot l_{DC} \cdot \cos \varphi_4 - 2X_D \cdot l_1 \cdot \cos \varphi_1 - 2l_1 \cdot l_{DC} \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_4$$

$$l_2^2 \cdot \sin^2 \varphi_2 = Y_D^2 + l_{DC}^2 \cdot \sin^2 \varphi_4 + l_1^2 \cdot \sin^2 \varphi_1 + 2Y_D \cdot l_{DC} \cdot \sin \varphi_4 - 2Y_D \cdot l_1 \cdot \sin \varphi_1 - 2l_{DC} \cdot l_1 \cdot \sin \varphi_1 \sin \varphi_4$$

$$l_2^2 = X_D^2 + Y_D^2 + l_{DC}^2 + l_1^2 + 2l_{DC}(X_D \cdot \cos \varphi_4 + Y_D \cdot \sin \varphi_4) - 2l_1(X_D \cdot \cos \varphi_1 + Y_D \cdot \sin \varphi_1) - 2l_1 \cdot l_{DC}(\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_4 + \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_4)$$

Buradan

$$l_2^2 = X_D^2 + Y_D^2 + l_{DC}^2 + l_1^2 + 2l_{DC}(X_D \cdot \cos \varphi_4 + Y_D \cdot \sin \varphi_4) - 2l_1(X_D \cdot \cos \varphi_1 + Y_D \cdot \sin \varphi_1) - 2l_1 \cdot l_{DC} \cos(\varphi_1 - \varphi_4)$$

$$l_{DC}^2 + 2l_{DC}(X_D \cdot \cos \varphi_4 + Y_D \cdot \sin \varphi_4 - l_1 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_4)) + X_D^2 + Y_D^2 + l_1^2 - l_2^2 - 2l_1(X_D \cdot \cos \varphi_1 + Y_D \cdot \sin \varphi_1) = 0$$

Müvafiq əvəzləmələr aparsaq

$$X_D \cdot \cos \varphi_4 + Y_D \cdot \sin \varphi_4 - l_1 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_4) = k$$

$$X_D^2 + Y_D^2 + l_1^2 - l_2^2 - 2l_1(X_D \cdot \cos \varphi_1 + Y_D \cdot \sin \varphi_1) = a$$

$$l_{DC}^2 - 2k \cdot l_{DC} + a = 0$$

alınar. Buradan

$$l_{DC} = k \pm \sqrt{k^2 - a} \quad (4)$$

φ_2 dəyişənini tapmaq üçün (3) sistem tənliyinin ikinci tənliyini birinciye tərəf-tərəfə bölürük. Bu halda,

$$\varphi_2 = \arctg \frac{Y_D + l_{DC} \cdot \sin \varphi_4 - l_1 \sin \varphi_1}{X_D + l_{DC} \cdot \cos \varphi_4 - l_1 \cos \varphi_1} \quad (5)$$

E – nöqtəsinin koordinatlarını tapmaq üçün DEFD vektor konturunun qapalıqlıq şərtini yazırıq.

$$\bar{l}_4 = \bar{X}_E + \bar{Y}_E \quad (6)$$

(6) ifadəsini koordinat oxlarına proyektledirsək,

$$l_4 \cdot \cos \varphi_4 = Y_E \quad (7)$$

$$l_4 \cdot \sin \varphi_4 = X_E$$

alırıq.

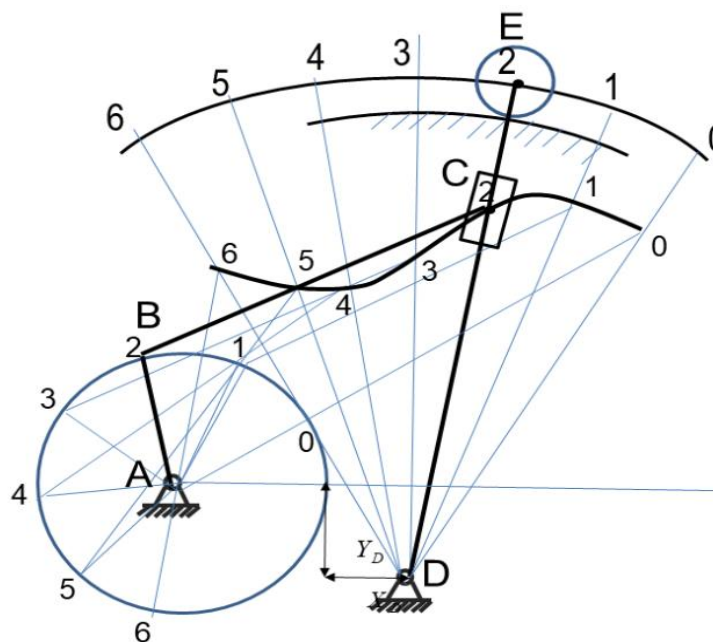
Mexanizmin qrafo-analitik üsulu ilə tədqiqi

Bir xüsusi halı nəzərdən keçirək. Tutaq ki, baxılan mexanizmin 4-cü çıxış bəndinin iş gedişində sabit bucaq sürəti ilə hərəkət etməsi tələb olunur. Məsələnin həlli üçün mexanizmin kinematik sxeminin ölçüləri, giriş və çıxış bəndinin hərəkət qanunları verilir (Xalilov & Kerimov, 2025).

$$l_{AB} = 0,2m; l_{BC} = 0,6m; l_{DE} = 0,9m; X_D = 0,35m; Y_D = 0,15m; \\ \varphi_{40} = 60^0; \varphi_{10} = 30^0; \varphi_{4i} = 60^0; \varphi_{1i} = 225^0; \omega_1 = \text{const}; \omega_2 = \text{const}.$$

Mexanizmin qrafo-analitik həlli şəkil 3-də göstərilib. Vəziyyətlər planını qurmaq üçün miqyas seçilir (Kherimov, Aliev & Rzaeva, 2024). Bəndlərin cizgidəki uzunluqları tapılır. Tərpənməz bəndə aid A və D nöqtələri qeyd olunur. Mexanizmin AB giriş bəndi sabit sürətlə hərəkət etdiyindən iş gedişində həmin bənd bir neçə vəziyyətdə (misalda 6) qeyd olunur. AB giriş bəndinin vəziyyətlərinə uyğun DE bəndinin vəziyyətləri qeyd olunur. Həmin bənd sabit sürətlə hərəkət etdiyindən o, bərabər bucaq qədər dönəcək. BC-sürgü qolunun məlum uzunluğuna görə C nöqtəsinin trayektoriyası tapılır (şəkil 3).

Şəkil 3. Beşbəndli yastı kulis mexanizmin qrafo-analitik həlli.



Nəticə

Tərkibində yalnız birhərəkətli (ibtidai) kinematik cüt olan iki sərbəstlik dərəcəsinə malik beşbəndli yastı kulis mexanizmin tərkibinə bir ədəd ikihərəkətli (ali) kinematik cüt əlavə etməklə, həmin mexanizm bir sərbəstlik dərəcəsinə malik mexanizmə çevrilir. Mexanizmin kinematik sxemində aparılan bu dəyişiklik çıxış bəndinin tələb olunan hərəkət qanununu dəqiq reallaşdırılmasına imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Əliyev, Ş. N., & Kəngərli, L. A. (2009). *Maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi kursu*. Təhsil NPM.
2. Kəngərli, A. M. (2021). *Maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi*. Turxan NPB.
3. Kerimov, S. X., & Rzayeva, H. M. (2010). Beşbəndli yastı oynaqly mexanizmin kinematik sintezinə dair. *Nəzəri və tətbiqi mexanika*, (1[17]), 39–41.
4. Kerimov, S. X., & Rzayeva, H. M., & Həsənov, Q. E. (2011). Dəyişilən strukturlu kulis mexanizmin sintezi və kinematik analizi. *Mexanika və maşınqayırma*, (2), 86–88.
5. Kerimov, S. X., Bağirova, S. A., & Hacıyeva, F. Ş. (2023). Kinematic synthesis of a five-link flat culis mechanism. *Scientific and Technical Journal on Engineering Mechanics*, 5(1), 9–13.
6. Kerimov, S. X., Həşimov, E. Q., & Həsənov, Q. E. (2012). *Maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi*. Təhsil NPM.
7. Kherimov, S. K., Aliev, A. M., & Rzaeva, G. M. (2024). Kinetostatic analysis of the five-fold planar mechanism. *Scientific and Technical Journal on Engineering Mechanics*, 7(1), 20–22.

8. Kim, B. S., & Yoo, H. H. (2014). Unified mechanism synthesis method of a planar four-bar linkage for path generation employing a spring-connected arbitrarily sized rectangular block model. *Multibody System Dynamics*, 31, 241–256.
<https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2011.10.013>
9. Sommese, A. J. (1992). Complete solution of the nine-point path synthesis problem for four-bar linkages. *Journal of Mechanical Design*, 114, 153. <https://doi.org/10.1115/1.2916909>
10. Xalilov, İ. A., & Kerimov, S. X., & Rzayeva, H. M. (2017). Sposob sinteza ričajnoqo mexanizma obespeçivayuşeqo zadanniy zakon dvijeniya. *Vestnik Maşinostroyeniya*, (3), 3–5.
11. Xalilov, İ. A., & Kerimov, S. X. (2025). Sozdaniye kulisnogo ričajnogo mexanizma s visokoy tochnostyu zadannogo dvijeniya. *Vestnik Mashinostroyeniya*, (4), 275–279.
<https://doi.org/10.3103/S1068798X2570114X>
12. Zhou, H., & Cheung, E. H. M. (2001). Optimal synthesis of crank-rocker linkages for path generation using the orientation structural error of the fixed link. *Mechanism and Machine Theory*, 38, 973–982. [https://doi.org/10.1016/S0094-114X\(01\)00029-5](https://doi.org/10.1016/S0094-114X(01)00029-5)

Daxil oldu: 03.06.2025

Qəbul edildi: 12.09.2025