ӘОЖ 621.01:621.86

ЕКІНШІ ҚАТАРЛЫ IV КЛАСТЫ АССУР ТОБЫНЫҢ ТЕТІКТЕР КИНЕМАТИКАСЫ

КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМА С ГРУППОЙ АССУРА IV КЛАССА ВТОРОГО ПОРЯДКА

KINEMATICS MECHANISM WITH A GROUP OF ASSYR IV CLASS OF THE SECOND ORDER

Е. ТЕМІРБЕКОВ, Ш. ЕРБОЛАТҰЛЫ, Б. КУРМАНАЛИЕВ

E. TEMIRBEKOV, SH. ERBOLATULY, B. KURMANALIYEV

(Алматы технологиялық университеті)

(Алматинский технологический университет)

(Almaty Technological University)

E-mail: muslim_96kz@inbox.ru, kaz_bauka@mail.ru

Жоғары класты тетіктер (ЖКТ) кинематикасы бойынша талдау көрсеткендей, олардың жағдайларының кинематикалық талдауының әртүрлі графикалық және сандық әдістемелері жасалды. ЖКТ кинематикалық талдаудың аналитикалық әдісі әлі анықталмаған. Авторлар ЖКТ жағдайларының кинематикалық талдауына ерекше әдістеме жасады. Ол бұл есепті кейбір ЖКТ үшін салыстырмалы түрде, ал қалғандары үшін қарапайым есептеу арқылы шығарды. Бұны авторлар тіреуді шартты алмастыру (ТША) деп атады.

Анализ работ по кинематике механизмов высоких классов (МВК) показывает, что существуют различные графические и численные методики кинематического анализа их положений. Но аналитических методов кинематического анализа МВК до сих пор не существовало. Авторами разработан оригинальный подход кинематического анализа положений МВК. Он аналитически решает эту задачу для некоторых МВК, а для остальных сводит эту задачу к более простым решениям, назван авторами методом «условной замены стойки (УЗС)».

Analysis of the kinematics of mechanisms of high classes (MHC) shows that developed various graphical and numerical methods of kinematic analysis of their provisions. But analytical methods of kinematic analysis of the MHC until now did not exist. The authors have developed an original approach for kinematic analysis of the provisions of the MHC. It analytically solves this problem for some MHC, and for the other reduces this task to simpler solutions. Itis called the authors of the method of "conditional replacement rack (CRR).

Негізгі сөздер: кинематика, IV класты тетік, күй, тіреу, үдеу, топса.

Ключевые слова: кинематика, механизм IV класса, положение, стойка, ускорение, шарнир.

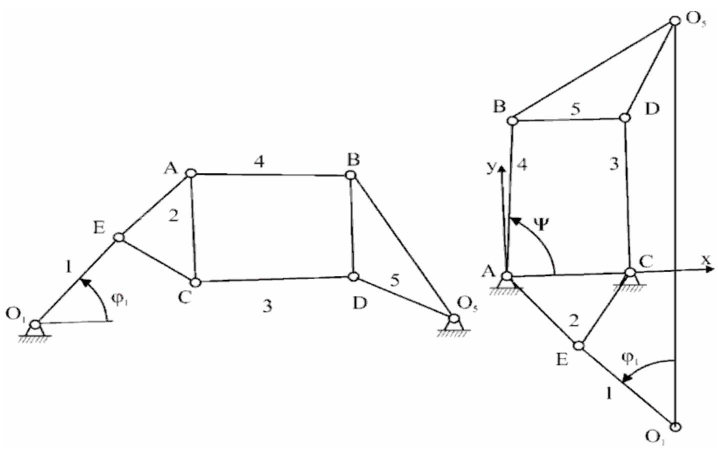
Key words: kinematics, the mechanism of IV class, the position, the rack, acceleration, hinge.

Кіріспе

Жоғары кластых тетіктер (ЖКТ) кинематикасы бойынша талдау көрсеткендей, олардың жағдайларының кинематикалық талдауының әртүрлі графикалық және сандық әдістемелері жасалды [1-4]. ЖКТ кинематикалық талдаудың аналитикалық әдісі әлі күнге дейін анықталмаған. Осы жұмыста ЖКТ жағдайларының кинематикалық талдауына ерекше әдістеме жасалынды [5]. Ол бұл есепті кейбір ЖКТ үшін аналитикалық түрде, ал қалғандары үшін қарапайым есептеу арқылы шығарды. Бұны тіреуді шартты алмастыру (ТША) деп атады.

Зерттеу нысаны мен әдістері

ТША мәні бұл баяндамада ЖКТ - алты буынды Стефенсон тетігін кинематикалық схемасында (1,2 суреттер) зерттеледі:



а) б)

1 сурет - Алты буынды Стефенсон тетігін кинематикалық схемасының бірінші түрі: а) абсолютті қозғалыста, б) салыстырмалы қозғалыста

- тетіктің қалыпты тіреу ретінде ЖКМ құрамына кіретін тұйықты қозғалмалы өзгермелі контурдың бір буынын қолдануға болады (1 суретте ол 2 буын);

- осы қабылданған тіреуге байланысты тетік қозғалысы қарастырылады;

- жасалған қалыпты тіреудің және аралас тұйықты қозғалмалы өзгермелі контурдың бір буынының өзгермелі параметр ретінде бұрышты алуға болады– ψ бұрышы (1 суретте ол 2 және 4 буындардың арасындағы бұрыш);

- тетік енді салыстырмалы қозғалысы арқылы қарапайым II класс структураның түрге айналады: $I^{(2)}(4)$ ---> $II^{(2)}(3,5)$ ---> $II^{(2)}(1,0_1 0_5)$, ψ = <CAB (бұл жерде индекс "$^{(2)}$" дегеніміз – ол 2 буын тірек деп алынды деген сөз);

- осы II класс тетіктің аналитикалық талдауын жасау қажет;

- тетіктің табылған салыстырмалы жағдайы нақты жағдайға айналдырады.

Осы жұмыста ұсынылған айналмалы жұптармен талдауға арналған әдістерді екінші қатарлы төртінші класты алтыбуынды жазық тетік сұлбелердінде қалай пайдалануды көрсетеміз: а) топсалы жұптер мен (1 сурет) және б) бір сыртқы ілгерілемелі жұппен (2сурет).

Нәтиже және оның талқылау

Алты буынды Стефенсон тетігін кинематикалық схемасының бірінші түрін бақылаймыз (1а сурет). O_1 және O_5 бекітпелерінің координанттары берілген O_1-X-Y координаттар жүйесінде; және де ілмек ұзындықтары l_{O_1E}, l_{EA}, l_{EC}, l_{AC}, l_{AB}, l_{CD}, l_{BD}, l_{BO_5}, l_{DO_5} берілген. Тетігін "бастапқы" орынды есебін аналитикалық жолға қоямыз. A, B, C, E, D топсалардың координаттары және бұрыш φ_1 байланыстырушы ара-қатынастарды табамыз. Шартты түрде бір контурлы буынды, айталық 2 буын, тірек деп алайық. Тетікті A-x-y координат жүйеге қатысты қарастырамыз. Тетіктің 2 буыны қатты байланысқан, A-x осі C нүкте арқылы бағытталған. Жиынтық координатаны бұрыш ψ деп аламыз – ол 2 және 4 буындар бағыттар арасы (1б сурет).

D нүктесінің орын табамыз, ол үшін $\varphi_{BD}^{(2)}$ бұрышын табамыз, бұл жерде индекс "(2)" дегеніміз – ол 2 буын тірек деп алынды деген сөз (1б-сурет): $\varphi_{BD}^{(2)} = \varphi_{BC}^{(2)} + \varphi_{CBD}^{(2)}$. B және C топсаларды $\overline{l_{BC}}$ арқылы қосамыз, ол анықталады былай: $x_C = l_{AC}, y_C = 0,$

$$x_B = l_{AB} \cdot \cos\psi, y_B = l_{AB} \cdot \sin\psi,$$

$$l_{BC} = \sqrt{(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2},$$

$$\varphi_{BC}^{(2)} = arctg\left[\frac{y_C - y_B}{x_C - x_B}\right].$$

Енді $\varphi_{CBD}^{(2)}$ бұрышын табамыз:

$$\varphi_{CBD}^{(2)} = \pm\arccos\left[\frac{l^2{}_{BC} + l^2{}_{BD} - l^2{}_{CD}}{2l_{BC} \cdot l_{BD}}\right],$$

$\pm$ белгілері B-D-C тобының бүрмелеуін анықтайды. Онда B нүктесінің жағдайы салыстырмалы қозғалыста:

$$\begin{bmatrix} x_D \\ y_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_B \\ y_B \end{bmatrix} + l_{BD} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\varphi_{BD}^{(2)}) \\ \sin(\varphi_{BD}^{(2)}) \end{bmatrix}.$$

O_5 нүктесінің орналасу жағдайын табамыз, олүшін $\varphi_{BO_5}^{(2)}$ бұрышын анықтаймыз: $\varphi_{BO_5}^{(2)} = \varphi_{BD}^{(2)} + \varphi_{DBO_5}^{(2)}$, $\varphi_{BD}^{(2)} = arctg\left[\frac{y_D - y_B}{x_D - x_B}\right]$, $\varphi_{DBO_5}^{(2)}$

$$= \pm\arccos\left[\frac{l_{BD}^2 + l_{BO_5}^2 - l_{DO_5}^2}{2l_{BD} \cdot l_{BO_5}}\right],$$

$\pm$ белгілері D-B-O_5 тобының бүрмелеуін анықтайды. Онда O_5нүктесі салыстырмалы қозғалыста:

$$\begin{bmatrix} x_{O_5} \\ y_{O_5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_B \\ y_B \end{bmatrix} + l_{BO_5} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\varphi_{BD}^{(2)}) \\ \cos(\varphi_{BD}^{(2)}) \end{bmatrix}.$$

E нүктесінің орналасу жағдайын табамыз, ол үшін $\varphi_{CAE}^{(2)}$ бұрышын анықтаймыз: $\varphi_{CAE}^{(2)}$

$$= \pm\arccos\left[\frac{l_{AC}^2 + l_{AE}^2 - l_{CE}^2}{2l_{AC} \cdot l_{AE}}\right],$$

$\pm$ белгілері C-A-E тобының бүрмелеуін анықтайды. Онда Eнүктесі салыстырмалы қозғалыста:

$$\begin{bmatrix} x_E \\ y_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_A \\ y_A \end{bmatrix} + l_{AE} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\varphi_{CAE}^{(2)}) \\ \cos(\varphi_{CAE}^{(2)}) \end{bmatrix}.$$

O_1 және O_5 бекітпелерін қосамыз. Енді $\bar{l}_{O_1O_5}, \bar{l}_{EO_5}$ ұзындықтар табамыз

$$l_{O_1O_5} = \sqrt{(x_{O_5} - x_{O_1})^2 + (y_{O_5} - y_{O_1})^2},$$

$$l_{EO_5} = \sqrt{(x_{O_5} - x_E)^2 + (y_{O_5} - y_E)^2}.$$

O_1 нүктесінің орналасу жағдайын табамыз, ол үшін $\varphi_{O_5O_1}^{(3)}$ анықтаймыз: $\varphi_{O_5O_1}^{(2)} = \varphi_{O_5E}^{(2)} + \varphi_{EO_5O_1}^{(2)}$,

$$\varphi_{O_5E}^{(2)} = arctg\left[\frac{y_E - y_{O_5}}{x_E - x_{O_5}}\right],$$

$\varphi_{EO_5O_1}^{(2)}$

$$= \pm\arccos\left[\frac{l_{EO_5}^2 + l_{O_1O_5}^2 - l_{O_1E}^2}{2l_{EO_5} \cdot l_{O_1O_5}}\right],$$

$\pm$ белгілері E-O_5-O_1 тобының бүрмелеуін анықтайды. O_1 нүктесінің орналасу жағдайын салыстырмалы қозғалыста табамыз:

$$\begin{bmatrix} x_{O_1} \\ y_{O_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{O_5} \\ y_{O_5} \end{bmatrix} + l_{O_1O_5} \cdot \begin{bmatrix} \sin(\varphi_{O_5O_1}^{(2)}) \\ \cos(\varphi_{O_5O_1}^{(2)}) \end{bmatrix}$$

Енді абсолюттік қозғалысына өтеміз. Салыстырмалы қозғалыстан абсолют қозғалысқа өту формуласын қолданамыз. Салыстырмалы және абсолют жүйелерінің арасындағы абцисса осінің бұрышы $\alpha = \varphi^{(2)}_{AC} - \varphi^{(2)}_{O_1O_5}$ болады. Абсолюттік (шынайы) топсалардың координаттарын анықтаймыз:

$$\begin{cases} X_A = (x_A - x_{O_1})\cos\alpha + (y_A - y_{O_1})\sin\alpha \\ Y_A = (x_A - x_{O_1})\sin\alpha + (y_A - y_{O_1})\cos\alpha \end{cases},$$

$$\begin{cases} X_B = (x_B - x_{O_1})\cos\alpha + (y_B - y_{O_1})\sin\alpha \\ Y_B = (x_B - x_{O_1})\sin\alpha + (y_B - y_{O_1})\cos\alpha \end{cases},$$

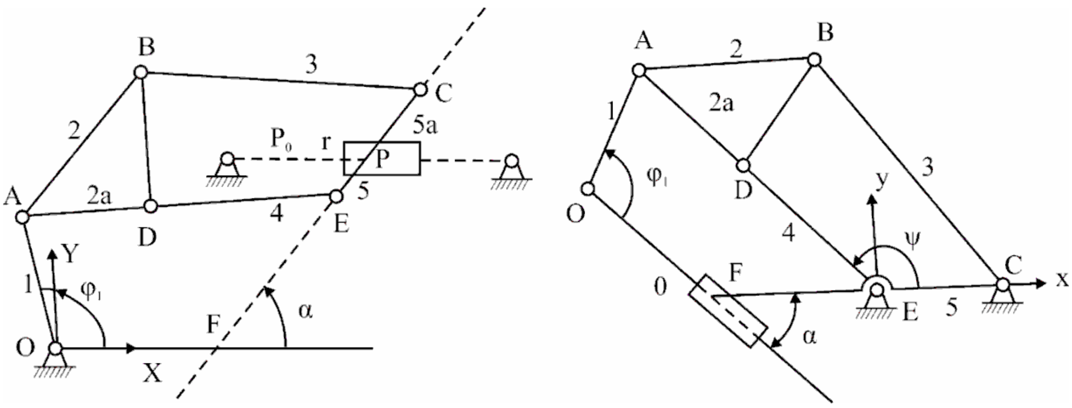
$$\begin{cases} X_C = (x_C - x_{O_1})\cos\alpha + (y_C - y_{O_1})\sin\alpha \\ Y_C = (x_C - x_{O_1})\sin\alpha + (y_C - y_{O_1})\cos\alpha \end{cases},$$

$$\begin{cases} X_D = (x_D - x_{O_1})\cos\alpha + (y_D - y_{O_1})\sin\alpha \\ Y_D = (x_D - x_{O_1})\sin\alpha + (y_D - y_{O_1})\cos\alpha \end{cases},$$

$$\begin{cases} X_E = (x_E - x_{O_1})\cos\alpha + (y_E - y_{O_1})\sin\alpha \\ Y_E = (x_E - x_{O_1})\sin\alpha + (y_E - y_{O_1})\cos\alpha \end{cases}$$

Топсалар A(X_A, Y_A), B(X_B,Y_B), C(X_C, Y_C), E(X_E,Y_E), D(X_D,Y_D) координаттар жүйесін анықтап O_1XY белгілі формулалар бойынша буындарын абсолюттік бұрыштарын табамыз.

Енді алты буынды Стефенсон тетігін кинематикалық схемасының екінші түрін бақылаймыз (2-сурет).



а) б)

2 сурет - Алты буынды Стефенсон тетігін кинематикалық схемасының екінші түрі: а) абсолютті қозғалыста, б) салыстырмалы қозғалыста

О-Х-У координат жүйесінде О тіреу координаттарын берілген деп санаймыз, О-Х осімен Е және С топсалар арқылы өтіп F нүктесінде қиылысқан түзу α бұрышты береді, және l_{OA}, l_{AB}, $l_{AД}$, l_{BD}, l_{BC}, l_{DE}, l_{CE} буындарының ұзындықтары. *ТША*-ның бастапқы орналасуының тапсырмасын табамыз. Сонда қосушы координаттарының топсасының A, B, C, D, E және бұрышының кез келген қатысты звеноны шартты деп санаймыз. Бүкіл тетікті Е-Х-У координат жүйесіне қарай бақылаймыз, ол бесінші звеномен байланысқан, жане С нүктесі абцисса осімен өтетін болсын. Жиынтық координаталарын бұрыш ψ -мен 4 және 5 буындар арасын қабылдаймыз (2 б-сурет). Д, С бекітпелерін $\overline{l_{ДС}}$ векторы арқылы қосамыз, ол былай анықталады: $x_c = l_{ДС}, y_C = 0$, $x_D = l_{DE} \cdot \cos\psi$, $y_D = l_{DE} \cdot \sin\psi$, $l_{DC} = \sqrt{(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2}$,

$\varphi_{DC}^{(5)} = arctg\left[\dfrac{y_C - y_D}{x_C - x_D}\right]$, индекс "$^{(5)}$" дегеніміз, шартты түрде 5-ші буын тіреу ретінде қабылданды (2 б-сурет). $\varphi_{BDC}^{(5)} = \pm\arccos\left[\dfrac{l^2{}_{BD} + l^2{}_{DC} - l^2{}_{BC}}{2l_{DC} * l_{BD}}\right]$ бұрышын анықтаймыз, $\pm$ белгілері B-D-C тобының бүрмелеуін анықтайды. Онда B нүктесінің жағдайы салыстырмалы қозғалыста $\varphi_{DB}^{(5)} = \varphi_{DC}^{(5)} + \varphi_{BDC}^{(5)}$,

$$\begin{bmatrix} x_B \\ y_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_D \\ y_D \end{bmatrix} + l_{BD} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\varphi_{DB}^{(5)}) \\ \sin(\varphi_{DB}^{(5)}) \end{bmatrix},$$

$\varphi_{ADB}^{(5)} = \pm\arccos\left[\dfrac{l_{BD}^2 + l_{AD}^2 - l_{AB}^2}{2l_{BD} * l_{AД}}\right]$ анықтаймыз, $\pm$ белгілері A-D-B бүрмелеуін анықтайды. A нүктесінің жағдайы салыстырмалы қозғалыста:

$$\begin{bmatrix} x_A \\ y_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_B \\ y_B \end{bmatrix} + l_{AB} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\varphi_{DB}^{(5)} \pm \varphi_{ADB}^{(5)}) \\ \sin(\varphi_{DB}^{(5)} \pm \varphi_{ADB}^{(5)}) \end{bmatrix}.$$

Бекітпе центрі A және радиус l_{OA} -ның шеңбермен теңдеуі: $(x - x_A)^2 + (y - y_A)^2 = l_{OA}^2$. Тап қалған нүкте арқылы өтетін төтесінің теңдеуі (x, y) және тап қалған y = k_1x + b төтесімен құрайтын тап қалған бұрышы :

$$y - y_1 = \frac{k_1 \pm tg\alpha}{1 \mp k_1 tg\alpha}(x - x_1), \quad (1)$$

Онда F(-l_{FE} , 0) нүкте арқылы өтетін α бұрышпен берілген сызыққа y = 0, координаталық жүйеде E-x-y топсалардан C, E өтетін, былай болады :

$$y = \pm tg\alpha \cdot \left(x + l_{FE}\right) \qquad (2)$$

Түзу мен шеңбермен қиылысу нүктелерін табу үшін (2) және (1) арасына қоямыз, сосын «x» бойынша квадраттық теңдеу аламыз: $\left(x - x_A\right)^2 + \left(\pm tg\alpha\left(x + l_{FE}\right) - y_A\right)^2 = l_{OA}^2$, бұны шешіп және (2) буынды ескеріп O(x_o,y_o) кординаттарын табамыз.

Енді O-X-Y координат жүйелерінің абсолют қозғалысына өтеміз, салыстырмалы қозғалыстың формулаларын абсолют қозғалысқа келтіреміз. ψ бұрышының қабылдаған мағынасы үшін A, B, C, E-нің шынайы координаттарын және φ_1 бұрышын анықтаймыз:

$$\begin{cases} X_A = (x_A - x_o)\cos\alpha + (y_A - y_o)\sin\alpha \\ Y_A = (x_A - x_o)\sin\alpha + (y_A - y_o)\cos\alpha \end{cases},$$

$$\begin{cases} X_B = (x_B - x_o)\cos\alpha + (y_B - y_o)\sin\alpha \\ Y_B = (x_B - x_o)\sin\alpha + (y_B - y_o)\cos\alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_C = (x_C - x_o)\cos\alpha + (y_C - y_o)\sin\alpha \\ Y_C = (x_C - x_o)\sin\alpha + (y_C - y_o)\cos\alpha \end{cases},$$

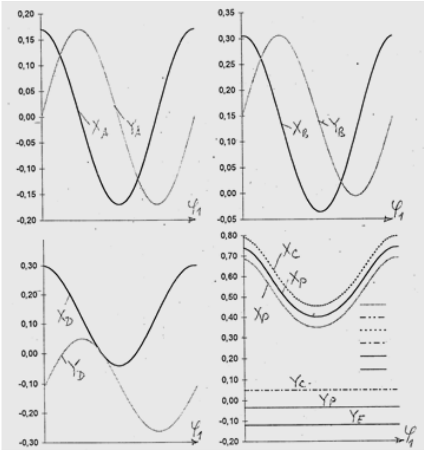
$$\begin{cases} X_D = (x_D - x_o)\cos\alpha + (y_D - y_o)\sin\alpha \\ Y_D = (x_D - x_o)\sin\alpha + (y_D - y_o)\cos\alpha \end{cases}$$

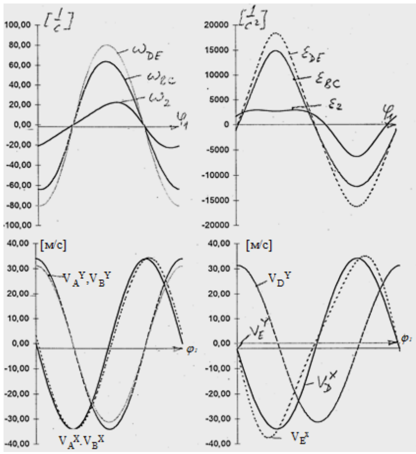
$$\begin{cases} X_E = (x_E - x_o)\cos\alpha + (y_E - y_o)\sin\alpha \\ Y_E = (x_E - x_o)\sin\alpha + (y_E - y_o)\cos\alpha \end{cases}$$

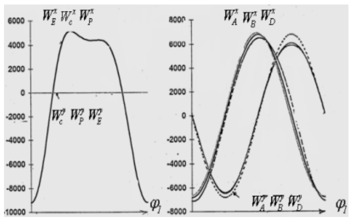
Топсалардың координаталарын анықтап A(X_A,Y_A), B(X_B,Y_B), C(X_C,Y_C), E(X_E,Y_E), D(X_D,Y_D) OXY координаталық жүйеде белгілі формулалар бойынша барлығын буындарының көлбеудің бұрыштарын табамыз.

Тетік параметрлер мысал, мән үшін (келесі өлшем қабылдаймыз: м, секунд): табанды кривошиптің координаталары X_0=0.0, Y_0=0.0; буындардың ұзындықтары L_{OA}= 0.17, L_{AD}= 0.20, L_{AB}= 0.17, L_{BC}= 0.50, L_{DE}= 0.39, L_{CE}= 0.20, Y_E=-0.12, Y_C=-0.05; бұрыш α = 0.0, бұрыш L_{AD} және L_{AB} буынның арадағы тең 88^0. Кривошиптің бұрыштық жылдамдықты $\omega = 200c^{-1}$ қабылдаймыз; кривошип 1 айналудың толық айналымын жасайды.

Үшінші суретте A, B, D, C, P координаталары; төртінші суретте - 2, DE, BC буындарын жылдамдығы және бұрыштық жылдамдығымен үдеулері; бесінші суретте –A, B, D, C, E, P нүктелердің үдеулері көрсетілген.







3 сурет – Нүкте орын ауыстыруы

4 сурет - Нүкте жылдамдығы мен удеуі

5 сурет - Нүкте үдеуі

Қорытынды

Осылай осы жұмыста айналмалы жұптар мен екінші қатарлы IY класты тетіктер үлгісінде ЖКТ буындарының бастапқы күйде орналасу әдісін зерттеген. Ол қарапайым талдау арқылы осы тетікдердің буындар күйінің сәйкестігін тапты.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Джолдасбеков У.А. Графоаналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов.- Алма-Ата: Наука, 1983.- 256с.

2. Джолдасбеков У.А., Байгунчеков Ж.Ж. Аналитическая кинематика плоских рычажных механизмов высоких классов. - Алма-Ата: КазГУ, 1980.- 102с.

3. Абдрахимов У.Т. Численные методы ана-лиза и синтеза многоконтурных механизмов высо-ких классов. Диссертация ... доктора технических наук, Алма-Ата, 1993. 327 с.

4. Джолдасбеков У.А., Абдрахимов У.Т., Бижанов А.Х. Определение функции положения одного механизма третьего вида. //Сб. научных статей КазГУ "Рычажные механизмы и манипуляционные устройства", 1990. -235 с.

5. Джолдасбеков У.А., Темирбеков Е.С. Не-которые аспекты анализа и синтеза механизмов высоких классов.- Астана: Акмолинский ЦНТИ, 2006.- 299с.