

YERBOL S. TEMIRBEKOV

(Almaty Technological University, Almaty)

KINEMATICS OF MECHANISMS OF HIGH-CLASS, USING THE CONDITIONAL REPLACEMENT RACK

Introduction

Analysis of the studies on kinematics of high class mechanisms shows availability of variety of graphical and numerical methods of analysis [1]. Along with such graphical and numerical methods, author has developed another approach to positions analysis of high class mechanisms. He analytically solves this problem for some high class mechanisms, and for the others he proposes the more simpler way of its solution. This method is called the method of the conditional replacement of rack mechanism (MCRR). The essence of the method is as follows:

- one link in a closed contour will be selected as the rack;
- the movement of mechanism is considered relative to the selected rack;
- then the relative motion obtained chosen rack mechanism of class II;
- the angle formed by this rack and neighboring links mechanism is used as a variable parameter;
- So in relative motion the previous mechanism turns into class II mechanism;
- therefore, the previous mechanism in relative motion is converted into a simple structure;
- kinematic analysis of the provisions of the mechanism of class II is well known;
- after determining the mechanism of the provisions of Class 2, its provisions are converted to the true provisions the mechanism of Class IV. For this purpose, the transition from the relative motion in absolute motion.

Keywords: kinematics, the mechanism of high class, the position, the rack.

Кітт сөздер: кинематика, жоғарғы класты механизм; құй, тіреп.

Ключевые слова: кинематика, механизм высокого класса, положение, стойка.

Structural and kinematic models of the mechanisms. Consider the application of the proposed method. Figures 1 to 6 show the mechanisms with Assur groups of different classes. We will compare the proposed method and the conditional method of generalized coordinates. Conditional generalized method of coordinates (CGCM) [2] is essentially the numerical version of the «way of introducing the leash». Thus, this method together with the advantages of « way of introducing leash» at the same time, free of weakness graphics methods. Conditional generalized method of coordinates is a numerical method. From the point of view of computational mathematics, this method lies in the fact that instead of system trigonometric equations with many unknowns, in this case, you need to solve trigonometric equations with one unknown. Since the values of the unknown quantity are, as a rule, within a limited segment, then it is not difficult to construct an efficient numerical algorithm for this equation [2].

Now let us compare the complexity of algorithms methods:

- 1) Mechanism of high class with a group of Assur IV class of second order (Fig. 1):
 - a) CGCM (Fig. 1): Structural Formula I (1) ---> IUV (2) ---> II (3, 5), where I (1) - leading link 1; IUV (2) - conditional leading link 2, II (3, 5) - a group of Assur second class 3-5. Is dropped element 4 mechanism. To minimize the function:

$$\Delta = \left| l_4^2 - [(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2] \right| \rightarrow \min$$

- b) MCRR (Fig. 1b): Structural formula I²(4) ---> II (3,5) ---> II (1,0), where I²(4) - Rack - 2, Index “⁽²⁾” means that for a rack is taken element 2 (Fig. 1b), leading link 4 with angular parameter $\psi = \angle BAC$;

Thus, as can be seen from the above structure of the algorithm, the task of analyzing the provisions of the conditional replacement rack solved analytically. It is possible conditional rack and the leading element of variable contour can select from 7 the following 7 variants: 2) I⁽²⁾ (3) ---> II(4, 5) ---> II(1, 0), $\psi = \angle ACD$; 3) I⁽³⁾ (2) ---> II(4, 5) ---> II(1, 0), $\psi = \angle ACD$; 4) I⁽³⁾ (5) ---> II(4, 2) ---> II(1, 0), $\psi = \angle CDB$; 5) I⁽⁴⁾ (2) ---> II(3, 5) ---> II(1, 0), $\psi = \angle CAB$; 6) I⁽⁴⁾ (5) ---> II(3, 2) ---> II(1, 0), $\psi = \angle ABD$; 7) I⁽⁵⁾ (3) ---> II(4, 2) ---> II(1, 0), $\psi = \angle CDB$; 8) I⁽⁵⁾ (4) ---> II(3, 2) ---> II(1, 0),

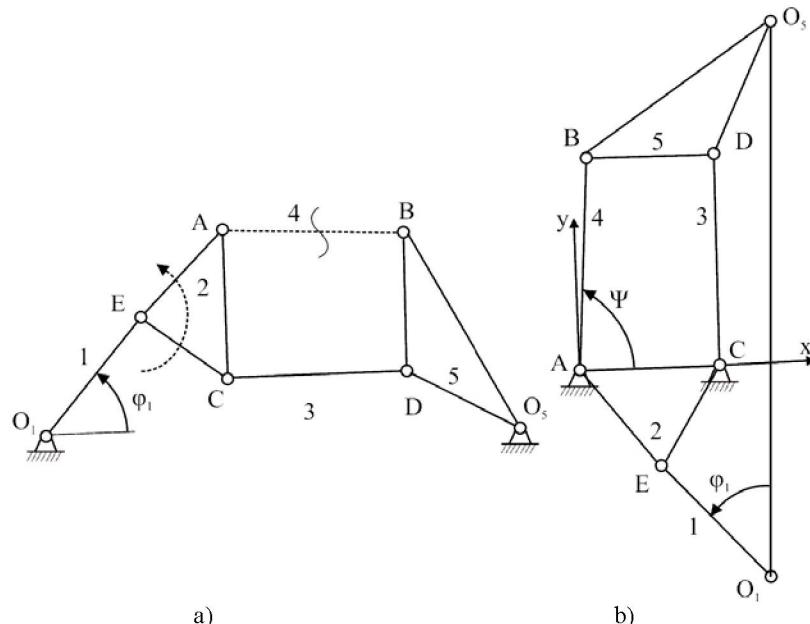


Figure 1

$\psi = \angle ABD$. It is clear that the problem of determining the «initial» position of the mechanism of conditional replacement rack mechanism can be solved analytically. Whereas in order to apply the method of conditional generalized coordinates for this would require the minimization of a single function. This method is much more difficult.

2) The mechanism of high class with a group of Assur IV class third order (Fig. 2):

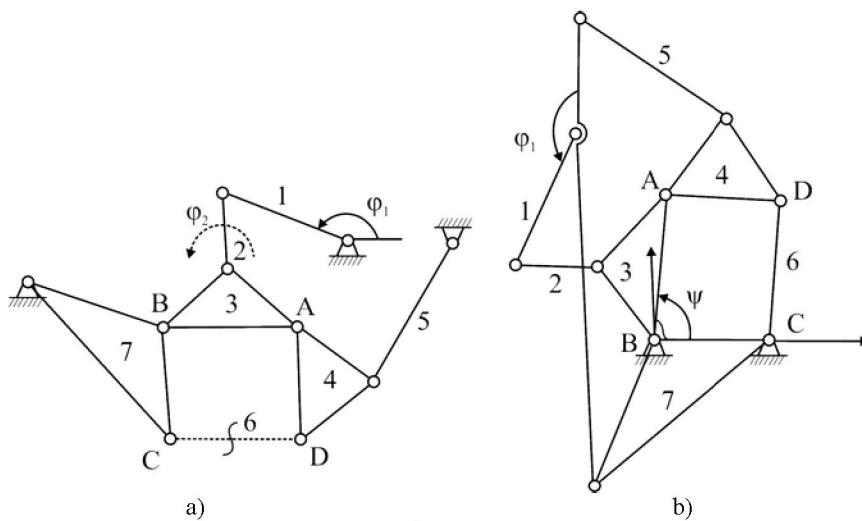


Figure 2

a) CGCM (Fig. 2a): Structural Formula I(1) ---> Iuv (2) ---> II(3,7) ---> II(4,5), where I (1) - leading link 1; Iuv (2) - conditional leading link 2; II(3,7), II(4,5) - groups of Assur second class 3-7 and 4-5. Is dropped member 6 mechanism. To minimize the function: $\Delta = \left| l_6^2 - [(X_C - X_D)^2 + (Y_C - Y_D)^2] \right| \rightarrow \min$

b) MCRR (Fig. 2b): Structural formula I⁷(3) ---> II(4,6) ---> II(5,0) ---> II(1, 2), where I⁷(4) - Rack 7, Index “⁷” means that for a rack is taken element 7 (Fig. 2b), leading link 3 with angular parameter $\psi = \angle ABC$;

It is clear that the problem of determining the «initial» position of the mechanism of conditional replacement rack mechanism can be solved analytically. Whereas in order to apply the method of conditional generalized coordinates for this would require the minimization of a single function. This course is much more difficult.

Consider the analysis of the «initial» position of the mechanism of high class with Assur groups with evenly distributed leashes (AGEDL) using CGCM. Here we have to drop the two links of and minimize two functions. MCRR application solves this problem by minimizing a single function. Thus, the task of analyzing «initial» position of such mechanisms is much simpler. We show this by the example of some of the mechanisms high class.

3) The mechanism of high class with a group of Assur IV class with evenly distributed leashes (Fig.3):

a) CGCM (Fig. 3a): Structural Formula I (1) \rightarrow IuV (2) \rightarrow IuV (3) \rightarrow II (4,5) \rightarrow II (6,7), where I (1) - leading link 1; IuV (2), IuV (3) - conditional leading link 2,3; II (4,5), II (6,7) - groups of Assur second class 4-5 and 6-7. Is dropped member 8 and 9 mechanism. To minimize two functions:

$$\begin{cases} \Delta_1 = |I_8^2 - [(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2]| \rightarrow \min \\ \Delta_2 = |I_9^2 - [(X_D - X_C)^2 + (Y_D - Y_C)^2]| \rightarrow \min \end{cases}$$

b) MCRR (Fig.3b): Structural Formula I⁶(4) \rightarrow II(3,8) \rightarrow IyB (9) \rightarrow II(0,7) \rightarrow II(1,2), where I⁶(4) - Rack - 6, means that for a rack is taken element 6 (Fig. 3b), leading link 3 with angular parameter $\psi = \angle AEF$; Is dropped member 5 mechanism.

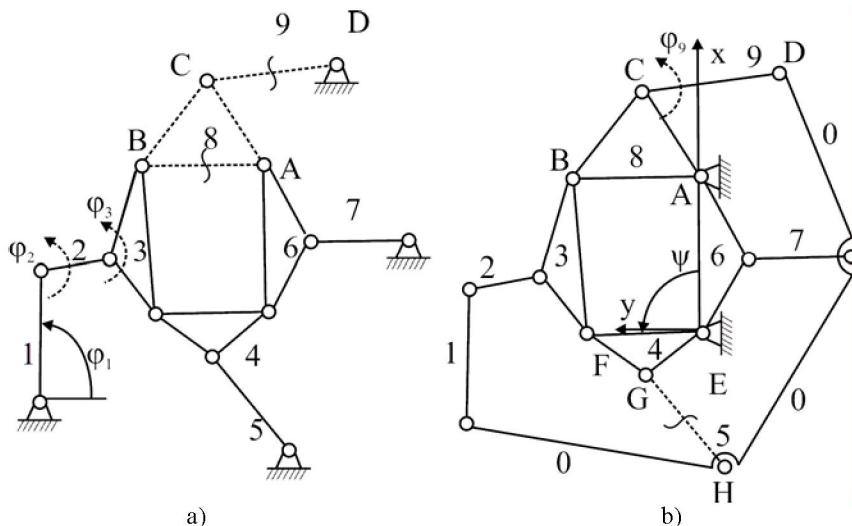


Figure 3

4) The mechanism of high class with a group of Assur V class of fifth order with evenly distributed leashes (Figure 4):

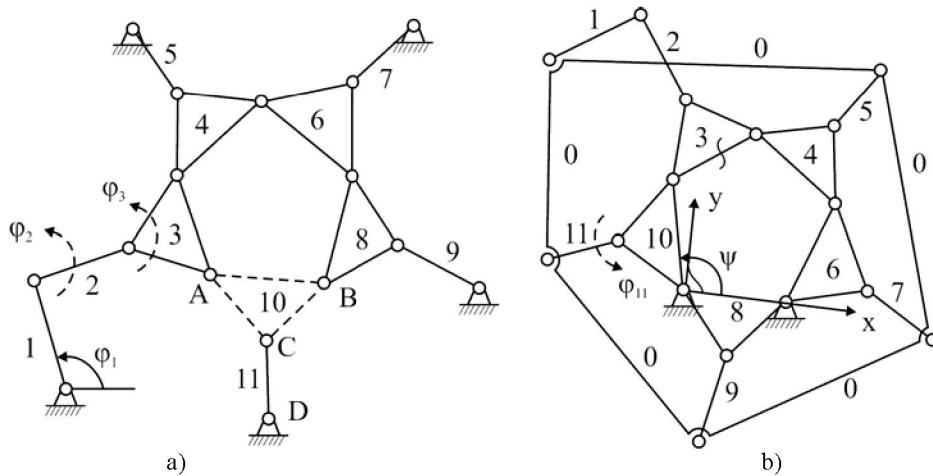


Figure 4

a) CGCM (Fig.4a): Structural Formula I(1) \rightarrow IuV (2) \rightarrow IuV (3) \rightarrow II(4,5) \rightarrow II(6,7) \rightarrow II(8,9); where I (1) - leading link 1; IuV (2), IuV (3) - conditional leading link 2,3; II (4,5), II (6,7), II (8,9) -

groups of Assur second class 4-5, 6-7, 8-9. Is dropped member 10 and 11 mechanism. To minimize two functions:

$$\Delta_1 = |I_{10}^2 - [(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2]| \rightarrow \min, \Delta_2 = |I_{11}^2 - [(X_C - X_D)^2 + (Y_C - Y_D)^2]| \rightarrow \min.$$

b) MCRR (Fig.4b): Structural Formula I⁸(10) ---> IuV (11) ---> II (0,9) ---> II (7,6) ---> II (4,5), where I⁸(10) - Rack - 8, means that for a rack is taken element 8 (Fig. 4b), leading link 10 with angular parameter $\psi = \angle BCD$. Is dropped member 3 mechanism.

5) The mechanism of high class with a group of Assur VIII class of the second order (Fig.5):

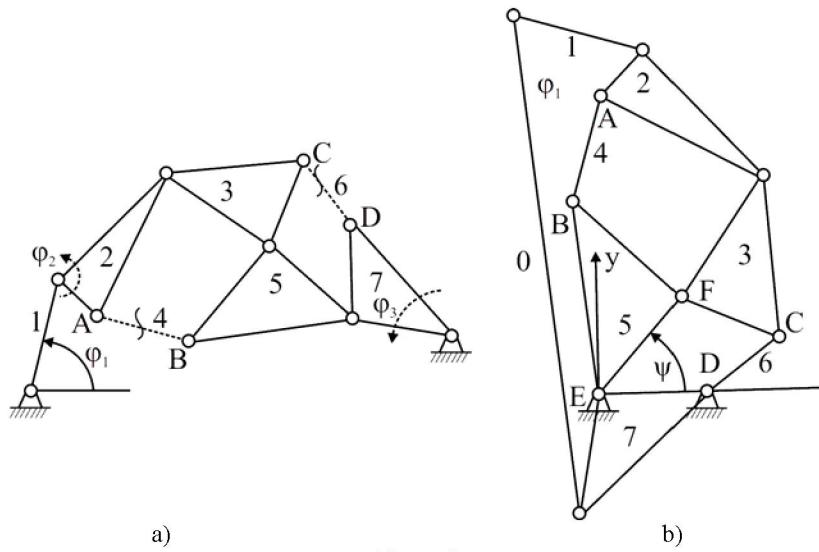


Figure 5

a) CGCM (Fig.5a): Structural Formula I(1) ---> $\begin{cases} \rightarrow I_{yB}(2) \\ \rightarrow I_{yB}(7) \end{cases} \rightarrow II(3,5)$, where I (1) - leading link 1; IuV (2), IuV (7) - conditional leading link 2,7; II (3,5) - groups of Assur second class 3-5. Is dropped member 4 and 6 mechanism. To minimize two functions:

$$\begin{cases} \Delta_1 = |I_4^2 - [(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2]| \rightarrow \min \\ \Delta_2 = |I_6^2 - [(X_D - X_C)^2 + (Y_D - Y_C)^2]| \rightarrow \min \end{cases}$$

b) MCRR (Fig.5b): Structural Formula I⁷(5) -> II(7) (3,6) -> II(2,4) -> II(1,0), where I⁷(5) - Rack - 7, means that for a rack is taken element 5 with angular parameter $\psi = \angle DEF$. It is clear that the problem of determining the «initial» position of the mechanism by the method of the conditional replacement of rack mechanism can be solved analytically. In order to apply the method of conditional generalized coordinates would require minimization of two functions.

Conclusion. Similarly, we can analyze the «initial» provision of other mechanisms high class. The authors developed a method that makes it easier to find the «initial» provision the links mechanisms high class

REFERENCES

1 [Джолдасбеков У.А.], Темирбеков Е.С. Некоторые аспекты анализа и синтеза механизмов высоких классов. – Астана: Акмолинский ЦНТИ, 2008. – 299 с. / [Joldasbekov U.A.], Temirbekov Y.S. Some Aspects of the Analysis and Synthesis of High-Grade Mechanisms. – Astana, 2008. – 299 p.

2 Джолдасбеков У.А. Анализ и синтез плоских и пространственных механизмов высоких классов. – Алматы: Дәүір, 2011. – 352 с. / Joldasbekov U.A. The analysis and synthesis of flat and spatial mechanisms of high classes. – Almaty: Daur, 2011. – 352 p.

Резюме*E. C. Темирбеков*

(Алматы технологиялық университеті, Алматы қ.)

**ЖОҒАРҒЫ КЛАСТЫ МЕХАНИЗМДЕР КИНЕМАТИКАСЫ ӘДСІМЕН
ҚАЛЫПТЫ ТІРЕУ АЛМАСТАРЫУ**

ЖКМ жоғары класты механизмдер кинематикасы бойынша талдау көрсеткендей, олардың жағдайларының кинематикалық талдауының әртүрлі графикалық және сандық әдістемелері жасалды. ЖКМ кинематикалық талдаудың салыстырмалы әдісі әлі күнгө анықталмаған. Автор ЖКМ жағдайларының кинематикалық талдауына ерекше әдістеме жасады. Ол бұл есепті кейбір ЖКМ үшін салыстырмалы түрде, ал қалғандары үшін қарапайым есептеу арқылы шығарды. Бұны автор қалыпты таған алмастыру ҚТА деп атады. Оның мәні мынандай:

- механизмнің қалыпты тіреуі ретінде ЖКМ құрамына кіретін тұйыкты қозғалмалы өзгермелі контурдың бір буынын қолдануға болады;
- осы қабылданған тіреуге байланысты механизм қозғалысы қарастырылады;
- жасалған қалыпты тіреудің және аралас тұйыкты қозғалмалы өзгермелі контурдың бір буынының өзгермелі параметр ретінде бүршішты алуға болады;
- механизм, осылай салыстырмалы қозғалысы арқылы қарапайым құралымға, түрге айналады.
- механизмнің қарапайым түрге айналуы үшін механизм жағдайларының талдауын жасау қажет,
- қалыпты тіреудің қозғалысының айналуы тіреудің абсолюттік қозғалысына байланысты, механизмнің табылған салыстырмалы жағдайы нақты жағдайға айналады.

Бұл жұмыста ЖКМ ҚТА бастапқы жағдайын анықтау алгоритмі көрсетілген. Ассурдың әртүрлі топтарымен ЖКМ суретте көрсетілген. Макала барысында ҚТА көнінен қолданылатын қалыпты жалпыланған координаттар әдісі ҚЖКӘ арқылы салыстырмалы талдама жасалғанын көруге болады. ҚЖКӘ негізінен әдістің сандық вариантын буын тұрғызуын көрсетеді. Соңықтан буын тұрғызу әдісінің барлық мүмкіндіктерін пайдаланып, графикалық әдістің кемшіліктерінен босатылады. ҚЖКӘ сандық әдістерге жатады. Есептеу математика бойынша ҚЖКӘ көптеген белгісіздермен тригонометриялық тендеулер жүйесінің орнына тұйықталған векторлық контурлар әдісіндегідей, мұнда бір белгісізімен бір сызықсыз тригонометриялық тендеуді шешу керек. Ізделініп отырған шама, қалыпты жағдайдағыдан шектелген кесінді бойынша, көрсетілген тендеудің тиімді сандық алгоритмін тұрғызу қынға соқпайды. Бұл жұмыста ЖКМ қатарларының үлгісінде ҚЖКӘ байланысты ҚТА ерекшеліктері көрсетілген.

Механизмдердің қажетті күйін табу үшін ЖКМ буындарының күйінің бастапқы табылу әдісі жасалған.

Кілт сөздер: кинематика, жоғарғы класты механизм; күй, тіреу.

Резюме*E. C. Темирбеков*

(Алматинский технологический университет, г. Алматы)

**КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМОВ ВЫСОКИХ КЛАССОВ
МЕТОДОМ УСЛОВНОЙ ЗАМЕНЫ СТОЙКИ**

Анализ работ по кинематике механизмов высоких классов (МВК) показывает, что разработаны различные графические и численные методики кинематического анализа их положений. Но аналитических методов кинематического анализа МВК до сих пор не существовало. Автором 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. Он назван автором методом условной замены стойки (УЗС). Суть его заключается в следующем:

- в качестве условной стойки механизма выбирается одно из звеньев подвижного замкнутого изменяющегося контура, входящего в состав МВК;
- движение механизма рассматривается уже относительно этой выбранной стойки;
- в качестве изменяемого параметра берется угол, образованный условно выбранной стойкой и смежным с ней звеном подвижного замкнутого изменяющегося контура;
- механизм, таким образом, в относительном движении преобразуется в более простую структуру;
- для полученного механизма более простой структуры проводится анализ положений;

- и наконец, обращением движения условной стойки относительно стойки абсолютного движения, найденные относительные положения механизма, приводятся в истинное положение.

В работе показаны алгоритмы для определения «начальных» положений МВК УЗС. На рисунках показаны МВК с различными группами Ассура. По ходу изложения статьи проводится сравнительная аналогия УЗС с наиболее применяемым сейчас методом условных обобщенных координат (МУОК). МУОК представляет по сути численный вариант метода «вставки звена». Поэтому он, обладая всеми достоинствами метода «вставки звена», свободен в то же время от недостатков графических методов. МУОК относится к численным методам. С точки зрения вычислительной математики МУОК заключается в том, что вместо системы тригонометрических уравнений со многими неизвестными как в методе замкнутых векторных контуров, здесь необходимо решать одно нелинейное тригонометрическое уравнение с одним неизвестным. Поскольку значения искомой величины принадлежат, как правило, ограниченному отрезку, то нетрудно построить эффективный численный алгоритм решения указанного уравнения, основанного на просмотре упомянутого отрезка с определенным шагом. В работе показано преимущество УЗС по сравнению с МУОК на примере ряда МВК.

Таким образом, автором разработана метод нахождения «начальных» положений звеньев МВК, который позволяет более просто найти соответствующие положения звеньев этих механизмов.

Ключевые слова: кинематика, механизм высокого класса, положение, стойка.

Поступила 25.04.2013 г.