

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Акимов А.А.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев В.С. Практикум по бизнес - планированию с использованием программы Project Expert . Учебное пособие. Инфра-М, 2007. – 272 с.
2. Акимов А.А. Электронное учебное пособие «Информационные технологии в решении экономических задач»/ А.А.Акимов, Г.Р. Галиаскарова, Р.Г. Идрисов // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование. – 2014. – №10(65). – С. 30.

УДК 621.01

### СБОРКИ ТРЕХПОВОДКОВОЙ ГРУППЫ ТРЕТЬЕГО КЛАССА С ДВУМЯ ВНЕШНИМИ ПОСТУПАТЕЛЬНЫМИ КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМИ

И.Н. Мацюк<sup>1</sup>, Э.М. Шляхов<sup>2</sup>, Н.В. Зима<sup>3</sup>

<sup>1</sup>кандидат технических наук, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

<sup>2</sup>доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

<sup>3</sup>асистент, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

**Аннотация.** Исследовано влияние двух внешних поступательных кинематических пар группы третьего класса на число её возможных сборок. Поиск сборок выполнен в программе Mathcad на основе представления векторов комплексными числами и сводится к нахождению вещественных корней полинома четвертой степени. Максимальное число сборок в этом случае равно четырем.

**Ключевые слова:** Mathcad, плоский механизм, вектор, комплексное число, сборка группы

### THE ASSEMBLIES OF THE THREE-BAR STRUCTURAL GROUPS OF THE THIRD CLASS WITH TWO EXTERNAL TRANSLATIONAL KINEMATIC PAIRS

Irina Matsyuk<sup>1</sup>, Eduard Shlyahov<sup>2</sup>, Natalia Zima<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Associate Professor of Machinery Design Bases Department State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine

<sup>2</sup>Associate Professor of Machinery Design Bases Department State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

<sup>3</sup>asistent, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine

**Abstract.** The investigated the effect two external translational of kinematic pairs structural groups of the third class the number of its possible assembly. Search assembly was performed in the Mathcad program on the basis of vectors representations by complex numbers and it reduces to finding the real roots of a polynomial of the fourth degree. The maximum number of assemblies is four.

**Keywords:** *Mathcad, flat mechanism, vector, complex number, assembly of groups*

**Введение.** Определение положений звеньев является первой и самой сложной задачей кинематического анализа механизмов.

Даже самые простые структурные группы второго класса имеют два варианта сборок, которые легко находятся из уравнений кинематики, приводящих к алгебраическому квадратному уравнению.

С увеличением класса и количества звеньев число возможных сборок растет.

Уравнения кинематики рычажных механизмов записывают с помощью различных методов, среди которых наиболее популярны метод замкнутых векторных контуров, метод преобразования координат, координатный метод и др.

Применение любого из перечисленных методов сводится к численному решению полученных уравнений.

Еще в 1985 году в работе [1], было показано, что максимальное число сборок трехповодковой структурной группы третьего класса с вращательными кинематическими парами равно шести. А поиск сборок сводится к нахождению действительных корней алгебраического полинома шестой степени.

В работе [2] на основе метода условных обобщенных координат этот вывод получил подтверждение.

В работе [3] излагается метод нахождения вариантов сборок, базирующийся на расчленении группы третьего класса на простые группы второго класса. Для каждой простой группы составляются уравнения, решение которых находят с помощью метода итераций. В работе рассмотрены сборки плоского механизма открывания окна, содержащего две поступательные кинематические пары: внешнюю и внутреннюю. Число сборок такого механизма третьего класса равно четырем.

Однако, вывод о том является ли это число максимальным или нет, отсутствует.

**Цель работы.** Исследовать плоскую трехповодковую группу третьего класса, содержащую в своем составе два поводка в виде ползунков, на предмет выяснения максимального числа возможных сборок.

**Материал и результаты исследований.** К анализу принята структурная группа, схема которой представлена на рис. 1.

Группа включает в себя стойку 0, базисное звено 2 с тремя внутренними вращательными кинематическими парами  $B$ ,  $C$  и  $E$  и три поводка, два из которых ползуны 1 и 4. На основе метода замкнутых векторных контуров [4] на рис. 2 изображено векторное представление звеньев группы.

На рис. 2 обозначены:  $BD = l_1$ ;  $BC = l_2$ ;  $CE = l_{21}$ ;  $CD = l_3$ ;  $DE = l_0$ .

Заданы следующие геометрические параметры:

$$x_D = 0; y_D = 0, l_2 = 100; l_{21} = 50; l_3 = 40; \varphi_0 = 60^\circ.$$

Исследование выполнено в программном продукте Mathcad v. 11.

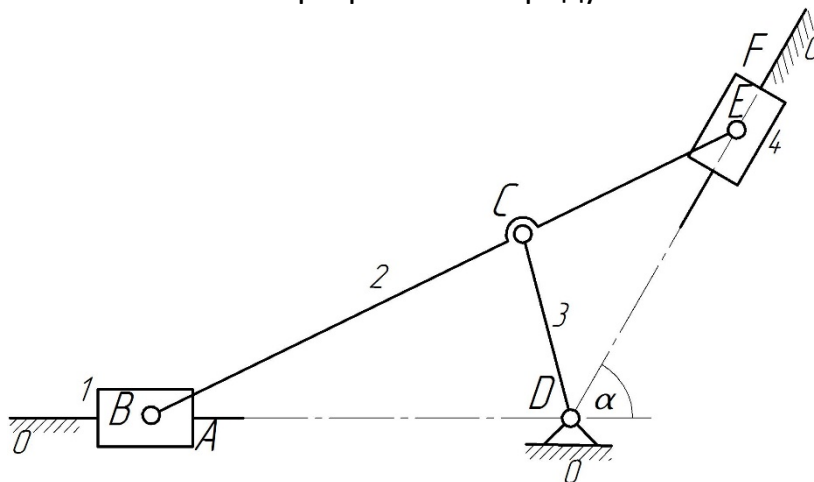


Рис. 1 – Группа третьего класса с двумя ползунами.

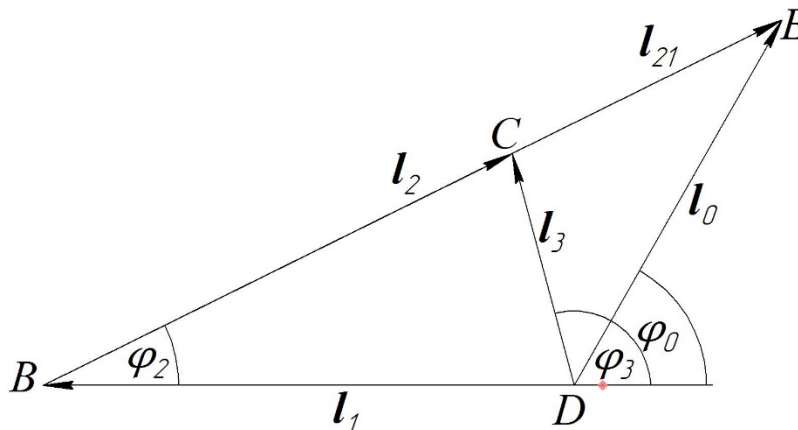


Рис. 2 – Векторная интерпретация группы

Уравнения замкнутости для контуров  $CED$  и  $BED$  (здесь и далее математические выкладки даны в виде фрагментов документа Mathcad)

$$l_0 \cdot \exp(\phi_0 \cdot i) = l_3 \cdot \exp(\phi_3 \cdot i) - l_{21} \cdot \exp(\phi_2 \cdot i)$$

$$l_0 \cdot \exp(\phi_0 \cdot i) = l_2 \cdot \cos(\phi_2) - l_3 \cdot \cos(\phi_3) + (l_2 + l_{21}) \cdot \exp(\phi_2 \cdot i) \quad .$$

Выполнив элементарные математические преобразования и применив универсальную тригонометрическую подстановку

$$\sin(\phi_2) := \frac{2 \tan\left(\frac{\phi_2}{2}\right)}{1 + \tan\left(\frac{\phi_2}{2}\right)^2} \quad \cos(\phi_2) := \frac{1 - \tan\left(\frac{\phi_2}{2}\right)^2}{1 + \tan\left(\frac{\phi_2}{2}\right)^2} \quad ,$$

получим уравнение четвертой степени относительно  $x = \operatorname{tg} \frac{\phi_2}{2}$ :

$$y(x) := k_1 \cdot x^4 + k_2 \cdot x^3 + k_3 \cdot x^2 + k_4 \cdot x + k_5$$

Коэффициенты уравнения определяются следующими выражениями:

$$k_1 := -l_{21}^2 - l_3^2 \cdot \cos(\phi_0)^2 + \cos(\phi_0)^2 \cdot l_{21}^2 + l_3^2$$

$$k_2 := -4 \cdot \cos(\phi_0) \cdot l_2 \cdot l_{21} \cdot \sin(\phi_0) - 4 \cdot \cos(\phi_0) \cdot l_{21}^2 \cdot \sin(\phi_0)$$

$$k_3 := 2 \cdot l_3^2 + 2 \cdot l_{21}^2 - 8 \cdot l_2 \cdot l_{21} \cdot \cos(\phi_0)^2 - 4 \cdot l_2^2 - 6 \cdot \cos(\phi_0)^2 \cdot l_{21}^2 - 2 \cdot l_3^2 \cdot \cos(\phi_0)^2$$

$$k_4 := 4 \cdot \cos(\phi_0) \cdot l_2 \cdot l_{21} \cdot \sin(\phi_0) + 4 \cdot \cos(\phi_0) \cdot l_{21}^2 \cdot \sin(\phi_0)$$

$$k_5 := -l_{21}^2 - l_3^2 \cdot \cos(\phi_0)^2 + \cos(\phi_0)^2 \cdot l_{21}^2 + l_3^2 \quad .$$

Для исследуемой группы эти коэффициенты равны

$$k_1 = -675 \quad k_2 = -12990 \quad k_3 = -46350 \quad k_4 = 12990 \quad k_5 = -675 \quad .$$

Для нахождения корней многочлена в программе Mathcad имеется специальная функция «polyroots». С ее помощью находим четыре действительных корня.

$$v := (k_5 \ k_4 \ k_3 \ k_2 \ k_1)^T \quad \text{polyroots}(v)^T = (-14.375 \ -5.135 \ 0.07 \ 0.195) \quad .$$

Этим корням соответствуют следующие значения угла  $\phi_2$ :

$$\phi_{21} := -172.04 \text{deg} \quad \phi_{22} := -157.959 \text{deg} \quad \phi_{23} := 7.959 \text{deg} \quad \phi_{24} := 22.041 \text{deg}$$

Четыре сборки рассмотренной структурной группы представлены на рис. 3.

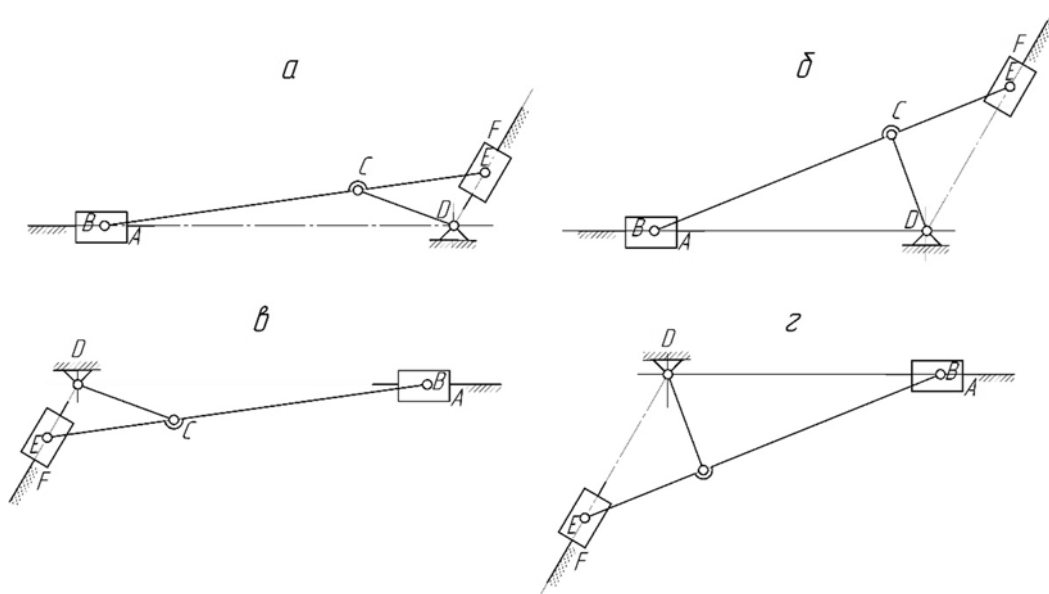


Рис. 3 – Сборки группы третьего класса с двумя ползунами:  
 а -  $\varphi_2 = 7,959^\circ$  ; б -  $\varphi_2 = 22,041^\circ$  ; в -  $\varphi_2 = -172,04^\circ$  ; г -  $\varphi_2 = -157,959^\circ$  .

**Вывод.** Для трехповодковой четырехзвенной структурной группы с двумя поводками-ползунами максимальное число сборок равно четырем. Возможные сборки определяются вещественными корнями многочлена четвертой степени и могут быть получены численно с помощью стандартной процедуры программы Mathcad.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пейсах Э.Е. Определение положений звеньев трехповодковой и двухповодковой четырехзвенных групп Ассур с вращательными парами //Машиноведение. – 1985. - № 5. – С. 55-61.
2. Джалдасбеков У. А. Аналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов. / У. А. Джалдасбеков, М. М. Малдарбеков Алматы, 1997, - 230с.:ил.
3. Čavić, M., Kostić, M., Zlokolica, M., Position Analysis Of The High Class Kinematic Group Mechanisms. Proceedings of 12th World IFTOMM Congress, 2007., Besancon, (CD Rom) pp.1-6.
4. Мацюк И.Н., Шляхов Э.М. Определение кинематических и кинетостатических параметров плоских стержневых механизмов сложной структуры// Современное машиностроение. Наука и образование: Материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конференции. / Под ред. М.М. Радкевича и А.Н. Евграфова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – С. 788 – 796.
5. Мацюк И.Н., Геометрический анализ трехповодковой структурной группы третьего класса в программе Mathcad. Вісник Криворізького технічного університету – Кривий Ріг, 2013. – Вип. 35. – С. 209–213.