Наурызбаев Р.К.¹, Сансызбаев К.К.¹, Кошанова Ш.К.², Наурызбаев А.Р.³
 Инновационный передаточный механизм с гибкой структурой и общим функциональным назначением

¹Казахский Национальный Аграрный Университет

²Академия Гражданской Авиации РК

³Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет

(Казахстан, Алматы)

doi:10.18411/spc-12-03-2019-08

idsp: sciencepublic-12-03-2019-08

1. С позиции классической-фундаментальной «Теоретической механики» механическая система тел, предназначенная для преобразование движения одного или нескольких тел в требуемые движения других тел, называется механизмом [1 – 21.].

Конструктивная, технологическая, структурная, геометрическая, кинематическая, динамическая общая модель самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма III^{20} класса, I^{20} – семейства (рис. 1).

Рис.1. Конструктивная, технологическая, структурная, геометрическая, кинематическая, динамическая общая модель самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма III^{20} класса, I^{20} – семейства.

Механическая система тел (1, 2, 3) преобразует вращательные движения ведущего звена 1 в требуемое вращательное движение ведомого звена 2.

По конструктивно – технологической – структурной классификации однозвенных кинематических цепей замкнутого типа параллелограммных механизмов с гибкими связями в замкнутом предварительно напряженном контуре – нулевого, первого, второго семейства Наурызбаева Р.К. научно – методической – учебной базой такой систематизацией является универсальная формула (14^a НРК) следующего вида записи [1 – 21.]:

$W = m \cdot (n + n_1 + n_2 - 1) - \sum_{k=1}^{m-1} (m - k) \cdot P_k$; (14^a НРК, Наурызбаев Рахимжан Кажекеевич, д.т.н., профессор науки машиноведения, 1991г. - 2001г.), (1^*)

Конструктивная – технологическая – структурная формула самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма III^{20} класса, I^{20} – семейства (рис. 1):

$$I(1,3) \rightarrow III(2), \quad (2^*)$$

где: $I(1,3)$ – конструктивная, технологическая, структурная формула самоустанавливающегося двухзвенного механизма I^{20} класса – одношарнирный (P_1)

двухконтактный ведущей механизм на основе сложной незамкнутой кинематической цепи общего вида;

III(2) – новая структурная группа Наурызбаева Рахимжана Кажекеевича (НРК) **III²⁰** класса, **I²⁰** – семейства гибкой конструкции.

Таким образом, на *рис.1* это *трехзвенный механизм неассуровой гибкой структуры конструкции*.

Во – первых, в конструкции механизма (*рис.1*) нет структурных групп Л.В.Ассура и И.И.Артоболевского известных из основ классической – фундаментальной «Теории механизмов и машин».

Во–вторых, не существуют конструкции трехзвенных параллелограммных механизмов с жесткими звеньями и твердыми кинематическими парами.

Следовательно, исследуемый трехзвенный параллелограммный механизм с гибкими связями в замкнутом предварительно напряженном контуре является *новым и инновационным (рис. 1)*.

Механизм имеет простую конструкцию, обеспечивает передачу вращательного движения между параллельными валами, безшумен в работе конструкция *беззаязорная и неметаллоемкая* [1 – 21.].

1.1. Основные конструктивные, технологические, структурные, геометрические, кинематические, динамические параметры общей модели самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма **III²⁰** класса, **I²⁰** – семейства:

φ_1, φ_2 – углы поворота кривошипов 1 и 2 приняты в качестве обобщенных координат динамической модели, [рад];

J_1 – приведенный момент инерции механизма относительно оси вращения ведущего кривошипа 1, [кг · м²];

J_2 – приведенный момент инерции механизма относительно оси вращения ведомого кривошипа 2, [кг · м²];

R – размер радиуса кривошипа 1, кривошипы 1 и 2 имеют одинаковые конструктивные размеры, [м];

d – размер стойки механизма, [м];

l_0 – начальная длина гибких связей вида (ρ_5) при $\varphi_1 = 0, \varphi_2 = 0$.

l_1, l_2 – длина деформированных гибких связей, являются функциями обобщенных координат φ_1 и φ_2 динамической модели механизма, [м];

ρ_1 – одноподвижная, вращательная кинематическая пара **V¹⁰** класса по систематизации профессора А.П.Малышева.

ρ_5 – гибкие предварительно напряженные связи. Предварительное напряжение гибких связей осуществляется в начальном положении кинематической цепи параллелограммно механизма при $\varphi_1 = 0, \varphi_2 = 0$.

1.2. Функция кинетической энергии динамической модели механизма гибкого параллелограмма (*рис. 1*) может быть записана формулой вида:

$$T = \frac{1}{2}J_1\dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2}J_2\dot{\varphi}_2^2 \quad (1)$$

1.3. Функция изменения потенциальной энергии упругой деформации замкнутого предварительно напряженного контура кинематической цепи самоустанавливающегося механизма гибкого параллелограмма:

$$П = \frac{1}{2}C[(\Delta l_1 + \Delta l_0)^2 + (\Delta l_2 + \Delta l_0)^2] \quad (2)$$

1.3.1. Коэффициент продольной жесткости гибких связей на деформацию растяжение:

$$C = \frac{EF}{l_0}, \quad \left[\frac{H}{м} \right] \quad (3)$$

где: E – модуль упругости материала гибкой связи, [Н/м²]= Па;

F – площадь поперечного сечения гибкой связи, $[м^2]$;

$l_0 = d$ – начальная длина гибкой связи, равная размеру стойки механизма гибкого параллелограмма, $[м]$.

1.3.2. Деформации Δl_1 и Δl_2 в любом положении механизма гибкого параллелограмма могут быть определены зависимостями вида:

$$\Delta l_1 = l_1 - l_0 \quad (4)$$

$$\Delta l_2 = l_2 - l_0$$

На основе расчетно-динамической модели можно найти, что (см. рис. 1):

$$l_1 = \sqrt{(d + R \sin \varphi_2 - R \sin \varphi_1)^2 + (R \cos \varphi_2 - R \cos \varphi_1)^2} \quad (5)$$

$$l_2 = \sqrt{(d - R \sin \varphi_2 + R \sin \varphi_1)^2 + (R \cos \varphi_1 - R \cos \varphi_2)^2}$$

1.3.3. Начальная длина гибких связей равна:

$$l_0 = l_1 = l_2 = d, \quad \text{при} \quad \varphi_1 = \varphi_2 = 0. \quad (6)$$

С учетом (4), (5), (6) деформации Δl_1 и Δl_2 гибких связей в различных положениях кинематической цепи движущегося механизма можно определить:

$$\Delta l_1 = \frac{dR \sin \varphi_1 - dR \sin \varphi_2 - R^2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + R^2}{d} \quad (7)$$

$$\Delta l_2 = \frac{dR \sin \varphi_1 - dR \sin \varphi_2 - R^2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + R^2}{d}$$

1.3.4. Начальная деформация предварительного натяжения гибких связей определяется формулой:

$$\Delta l = \varepsilon_0 d, \quad l_0 = d \quad (8)$$

где $\varepsilon_0 = \frac{\Delta l_0}{d}$ – относительная деформация предварительного натяжения гибких связей.

Таким образом Δl_1 , Δl_2 – соответствующие деформации гибких связей, вызываемые колебаниями ведущего и ведомого кривошипов механизма параллелограмма (рис.1).

2. Используем классическое уравнение Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_s} \right) + \frac{\partial \pi}{\partial q_s} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial q_s} = 0, \quad (s = 1, 2, \dots) \quad (9)$$

Определим:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_s} \right) = J_1 \ddot{\varphi}_1 \quad (10)$$

Найдем:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_1} = 2CR^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) + 2C\varepsilon_0 R [R \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - d \cos \varphi_1], \quad (11)$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_2} = -2CR^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - 2C\varepsilon_0 R [R \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - d \cos \varphi_1],$$

2.1. Система нелинейных дифференциальных уравнений движения самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма **III**-го класса, **I**-го семейства:

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\varphi}_1 + 2CR^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) + 2C\varepsilon_0 R [R \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - d \cos \varphi_1] = 0 \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - 2CR^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - 2C\varepsilon_0 R [R \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - d \cos \varphi_1] = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Выводы:

1. Исследуемый инновационный передаточный механизм это трёхзвенный механизм неассуровой гибкой структуры, конструкции III-го класса, 1-го семейства. В статье обсуждается конструктивная, технологическая, структурная, геометрическая, кинематическая, динамическая общая модель самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма III-го класса, 1-го семейства, механизм пространственный (рис.1).

2. Определена конструктивная – технологическая – структурная формула самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма III-го класса, 1-го семейства в виде записи:

$$\mathbf{I(1,3)} \rightarrow \mathbf{III(2)}$$

3. В статье определены основные конструктивные, технологические, структурные, геометрические, кинематические, динамические комплексные параметры общей модели самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма III-го класса, 1-го семейства.

4. Система нелинейных дифференциальных уравнений движения самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма III-го класса, 1-го семейства имеет следующий вид записи:

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\varphi}_1 + 2CR^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) + 2C\varepsilon_0 R [R \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - d \cos \varphi_1] = 0 \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - 2CR^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - 2C\varepsilon_0 R [R \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - d \cos \varphi_1] = 0 \end{cases} \quad (12)$$

5. В статье исследуется трёхзвенный механизм неассуровой гибкой структуры конструкции. С точки зрения «Современный прикладной механики» [1 – 21.] является новым и инновационным. Имеет весьма простую и в тоже время гибкую конструкцию. Обеспечивает передачу вращательного движения между параллельными звеньями, бесшумен в работе, конструкция механизма безззорная и неметаллоёмная [1 – 21.]. Механизм общего функционального назначения.

6. Определение основных конструктивных, технологических, структурных, геометрических, динамических параметров, а так же истинного движения самоустанавливающегося гибкого шарнирного инновационного механизма двойного параллелограмма III-го класса, 1-го семейства потребовало разработки её общей модели (рис.1) и её нелинейной математической модели в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений (12).

1. Наурызбаев Р.К. и др. «Самоустанавливающиеся механизмы параллелограммов с гибкой структурой»: Монография, Алматы: НИЦ «Гылым», – 2002. – 244с.
2. Наурызбаев Р.К. и др. «К обоснованию проблемы создания самоустанавливающихся параллелограммных гибких механизмов»: Алматы.: Издательство: «Тауар» – 2001. – 135с.
3. Наурызбаев Р.К. и др. Теория самоустанавливающихся кинематических цепей пространственных исполнительных механизмов: Монография, Алматы.: Издательство: «Тауар», ИА РК – 2000. – 494с.
4. Наурызбаев Р.К. и др. Современная прикладная механика. – Алматы: Серия: «Машиностроение», 2004. – 464с.
5. Наурызбаев Р.К. Анализ, синтез и разработка самоустанавливающихся шарнирно-стержневых механизмов с гибкими связями: Дисс....докт.техн.наук., Алматы, 1993. – 484с.
6. Наурызбаев Р.К., Сансызбаев К.К., Кошанова Ш.К. «Аналитические решения математических проблем движения рычажного механизма» - Вестник Академии Гражданской Авиации, №4 (07) 2017., Алматы, с.53-59.
7. Nauryzbaev R., Sadykov Zh., Sansyzybayev K, Toilybaev M, Koshanova Sh. «Колебания в самоустанавливающихся механизмах конструкции маятник» – Published by SCIENTIFIC-TECHNICAL UNION of MECHANICAL ENGINEERING – “INDUSTRY 4.0” Sofia, BULGARIA, page 122-125., 13 – 16 DECEMBER, 2017.
8. Наурызбаев Р.К., Сансызбаев К.К., Кошанова Ш.К. «Аналитические исследование структура, кинематика и динамика шестизвенового механизма физического маятника» // Материалы XXVI Международной научной конференции «Техноконгресс», Кемерово: Издательский дом "Плутон", 2018. – с.3-8.

9. Наурызбаев Р.К., Сансызбаев К.К., Кошанова Ш.К. «Исследование колебаний ведущего звена механизма физического маятника на основе её математических моделей» //Материалы VII – Международной научной конференции «Проблемы механики современных машин» – Улан-Удэ: Издательство ВСГУТУ, 25 – 30 июня 2018 г., Том -1, с. 55-60.
 10. Наурызбаев Р.К., Сансызбаев К.К., Кошанова Ш.К. «Структурный синтез и динамический анализ шестизвенного механизма физического маятника» // Материалы IX – Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2018)» – Ростов на Дону: Изд-во ДГТУ, 05 – 09 сентября 2018 г. – с. 89-93.
 11. Nauryzbaev R.K., Sansyzbayev K.K., Koshanova Sh.K. «STUDIES OF MECHANISMS OF THE CONSTRUCTION PENDULUM» // MATERIALS OF THE XXI INTERNATIONAL RESEARCH AND PRACTICE CONFERENCE European Science and Technology – Munich, Germany, page 41-54., October 24th - 25th, 2018.
 12. Nauryzbaev Rakhimzhan, Sansyzbayev Kazybek, Koshanova Sholpan «New mechanisms and machines based on kinematic flexible circuits. Innovative drive of new soil-processing machine» // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration” - Reports in English. Part 2. – Beijing, China, page 199-207., December 12, 2018.
 13. Наурызбаев Р.К. и др. «Динамика самоустанавливающихся параллелограммных механизмов с гибкими связями в замкнутом предварительно напряженном контуре»: Монография. Алматы: НИЦ «Ғылым» – 2002. – 88с.
 14. Наурызбаев Р.К. Развитие механики машин. – Алматы: Серия: «Машиностроение», Изд.: «Ғылым», Книга посвящена 100-летию академика АН СССР И.И. Артоболевского – 2004г., 328с.
 15. Наурызбаев Р.К. «Развитие ключевых структурных формул современной теории механизмов и машин доктора технических наук, профессора машиноведения Наурызбаева Рахимжана Кажекевича». Учебное пособие предназначено для студентов очного, заочного и дистанционного формам обучения по машиностроительным, техническим и инженерным специальностям. – Алматы: Издательство: «Агроуниверситет», КазНАУ, 2011. – 14с.
 16. Наурызбаев Р.К. «Новые самоустанавливающиеся пространственные ассуровые и неассуровые кулачковые механизмы. Границы теории их синтеза»: Монография – Алматы: Издательство: «Агроуниверситет», КазНАУ – 2014. – 280с.
 17. Наурызбаев Р.К. и др. Начала теории структуры самоустанавливающихся гибких параллелограммов: Алматы: НИЦ «Ғылым» – 2001. – 108с.
 18. Наурызбаев Р.К. и др. Теория самоустанавливающихся механизмов и машин с гибкими связями: Монография, Алматы: Издательство: «Тауар» – 1999. – 342с.
 19. Наурызбаев Р.К. и др. Развитие структурной теории самоустанавливающихся многокривошипных параллелограммных механизмов: Монография – Алматы: Издательство: «Тауар», ИА РК – 2001. – 166с.
 20. Светлицкий В.А. Передачи гибкой связью. – М.: «Машиностроение», 1967.– 187с.
 21. Фролов К.В. и др. Машиностроение. Энциклопедия в сорока томах. – М.: «Машиностроение», 1998. – 720с.
-