УДК 621.01.622.23

ПОИСК МНОГООБРАЗИЯ СТЕРЖНЕВЫХ МЕХАНИЗМОВ, УДОВЛЕТВОРЯЮЩИХ УСЛОВИЯМ ИДЕНТИЧНОСТИ ЗУБЧАТЫМ МЕХАНИЗМАМ

ДВОРНИКОВ Л.Т., САДИЕВА А.Э.
Сиб. ГИУ, г. Новокузнецк, Россия, КГТУ им. И.Раззакова

Органическая связь плоских зубчатых механизмов и плоских стержневых кинематических цепей была впервые поставлена в работе [1], где были показаны основополагающие связи такие, как $p_5 = n$ и $p_4 = n - W$. На этом основании соотношения между параметрами кинематических цепей в работе [2] были сведены в следующую систему

$$\left\{\begin{array}{ll} (1) & Q = (\tau - 3)n_{\tau-1} + \ldots + (i-1)n_i + \ldots + n_2 \ , \\ (2) & n_1 = (\tau - 1) + Q \, , \\ (3) & n_2 = n - 1 - n_{\tau-1} - \ldots - n_i - \ldots - n_3 - n_1 \, , \\ (4) & p_5 = n \, , \\ (5) & p_4 = n - 1 \, , \\ (6) & \gamma = n \ , \\ (7) & \alpha = n - \delta \ , \\ (8) & \delta = 2 \ldots n \ , \end{array}\right. \qquad (\mathbf{A})$$

где Q – целое положительное число, включая ноль,

τ – число, означающее количество кинематических пар базисного звена цепи, τ - угольника,

n_i – число звеньев, добавляющих в цепь по i кинематических пар,

W – подвижность цепи,

γ – число ветвей цепи,

α – число замкнутых изменяемых контуров в цепи,

δ – число выходов цепи на стойку.

Для заданных конкретных независимых параметров W и τ система (**A**) позволяет находить числа звеньев n_i , числа кинематических пар p_5 и p_4 , а также число ветвей цепи γ**,** число замкнутых изменяемых контуров α и количество выходов δ . На основании системы (**A**) можно построить структурные схемы любых кинематических цепей в стержневых и зубчатых вариантах.

Рассмотрим задачу синтеза структур механизмов (***W=1***) по заданным значениям ***τ***. Примем за самое сложное звено - треугольное, т.е. ***τ=3,*** тогда из первого уравнения системы (**A**) можно заключить, что ***Q*** может иметь значение лишь равное нулю. При ***τ=3*** минимальное количество звеньев должно быть равно ***3***, т.е. ***n=3***. При ***n=3*** решением уравнений (2),(3),(4) и (5) является ***n_1=2, n_2=0, p_4=2, p_5=3.*** По формуле (6) системы (**A**) значение числа ветвей ***γ=3.*** Когда в цепи отсутствует замкнутый изменяемый контур, т.е. при ***α=0***, число выходов на стойку равняется трем. При образовании одного замкнутого контура число выходов равняется двум. Схемы указанных механизмов приведены на рисунке 1 a ,b .

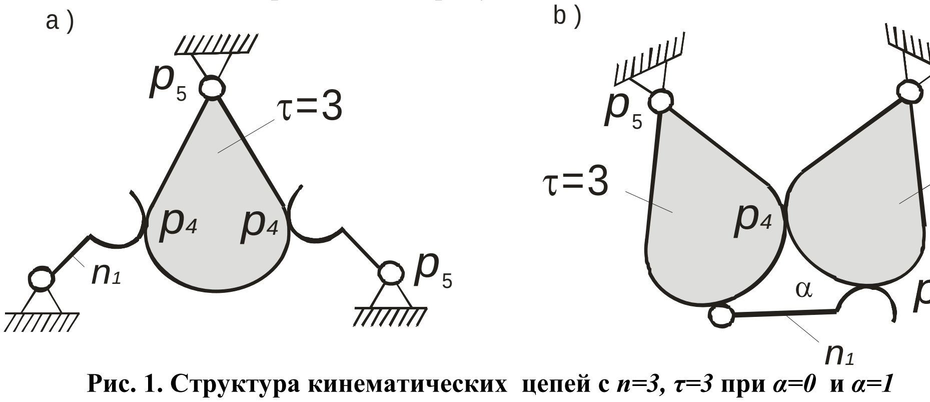


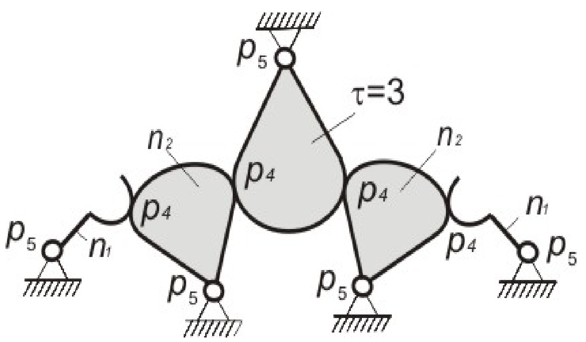
Рис. 1. Структура кинематических цепей с *n=3, τ=3* при *α=0* и *α=1*

Рассмотрим структуры с числом звеньев от 4 до 6, хотя нет никаких сложностей, продолжить этот ряд. В таблице 1 будем показывать структуры в виде следующего набора параметров: $n, n_1, n_2, n_3, p_5, p_4, \gamma, \delta, \alpha$.

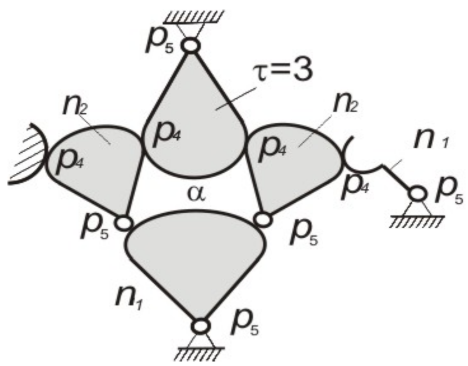
Таблица 1

№ п/п	n	n_1	n_2	n_3	p_5	p_4	γ	δ	α
1	3	2	0	0	3	2	3	2	1
							3	3	0
2	4	2	1	0	4	3	4	2	2
							4	3	1
							4	4	0
3	5	2	2	0	5	4	5	2	0
							5	3	2
							5	4	1
							5	5	0
4	6	2	3	0	6	5	6	2	4
							6	3	3
							6	4	2
							6	5	1
							6	6	0

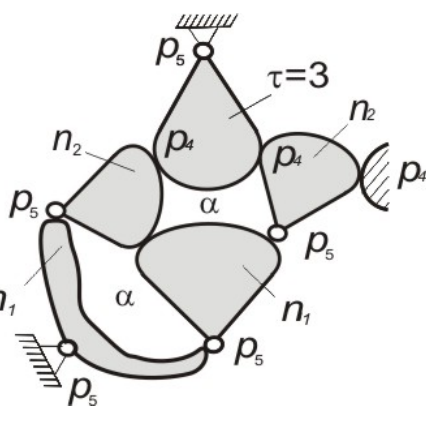
Рассмотрим механизмы третьей строки, при ***n*=5**. По таблице 1 основные параметры будут иметь значения ***n*₁ =2, *n*₂=2,*p*₄ =4, *p*₅ =5, γ=5.** Для этого случая, количество выходов при отсутствии замкнутых изменяемых контуров, согласно седьмого уравнения системы (**А**), будет $\delta = n = 5$. Для схем, замкнутых на стойку δ может изменяться от **2** до n, т.е. $\delta = 2 \ldots 5$. Механизмы, соответствующие этим значениям δ, приведены на рисунке 3.



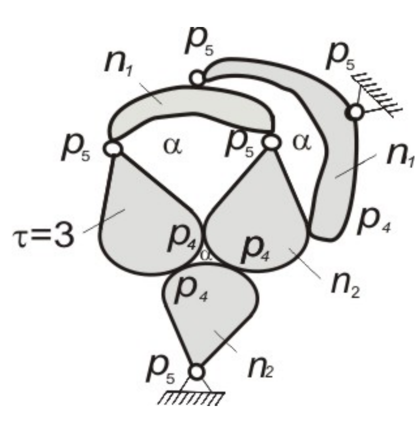
$\alpha = 0$, $\delta = 5$



$\alpha = 1$, $\delta = 4$



$\alpha = 2$, $\delta = 3$



$\alpha = 3$, $\delta = 2$

Рис. 2. Структуры кинематических цепей с *n=5, τ=3* при *α=0, α=1* , *α=2 и α=3*

Теперь рассмотрим механизмы с n=6. По системе (**A**) параметры цепей будут иметь значения $n_1 = 2$, $n_2=3$, $p_4 = 5$, $p_5 = 6$, $\gamma=6$. Так как количество выходов при отсутствии замкнутого изменяемого контура согласно седьмого уравнения системы (**A**) равняется **6**, δ может измениться от ***2*** до 6 . Механизмы, соответствующие данным параметрам, приведены на рис. 3.

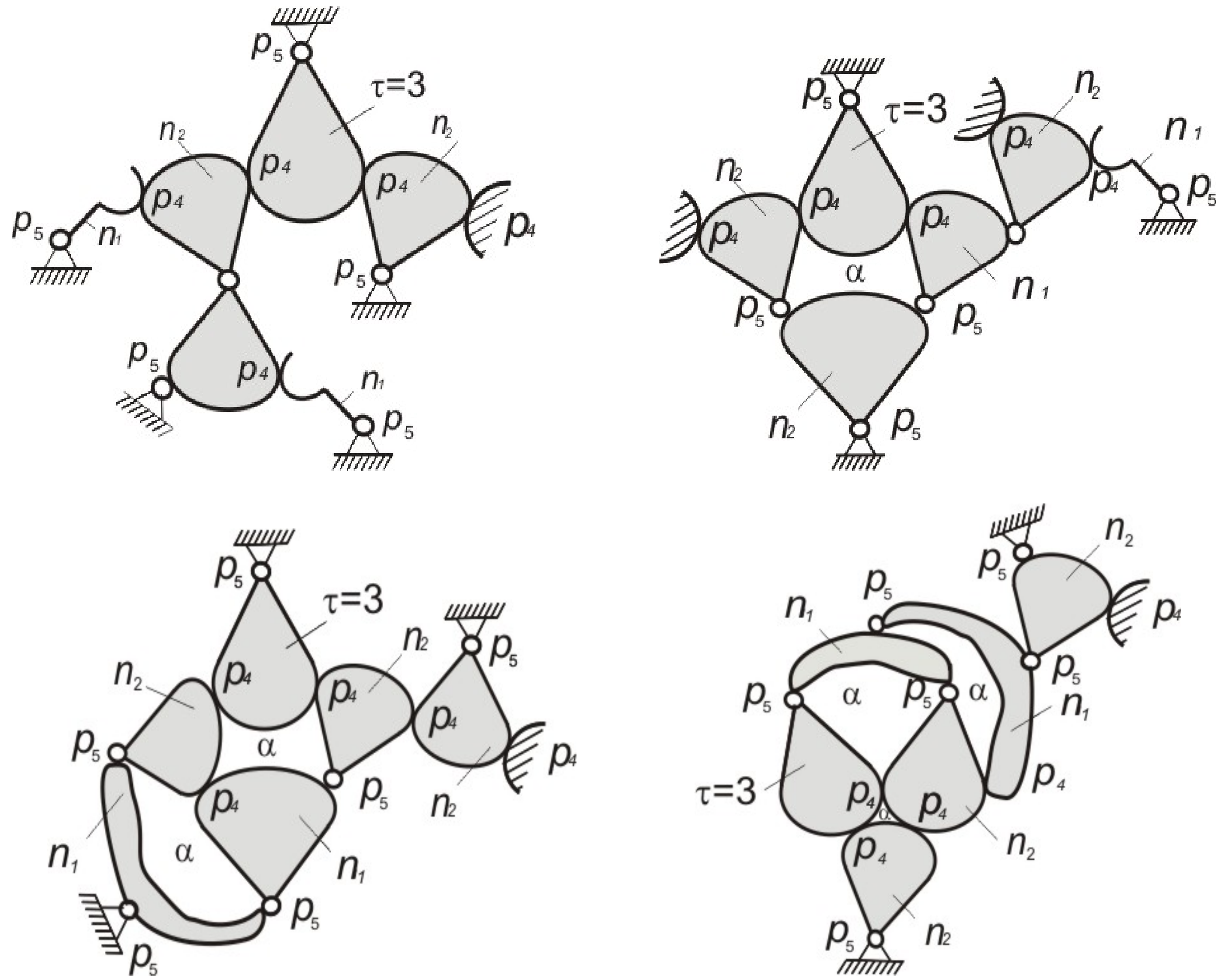


Рис. 3. Структуры кинематических цепей с $n=6$, $\tau=3$ **при** $\alpha=0$, $\alpha=1$, $\alpha=2$ **и** $\alpha=3$

Важно отметить, что в соответствии со вторым уравнением системы (**A**), механизмы с треугольным базисным звеном будут содержать в своем составе всего по два звена n_1.

Рассмотрим пример создания механизмов с четырехпарным базисным звеном ($W=1$, $\tau=4$). При этих значениях W и τ система (**A**) примет вид

$$\begin{cases} Q = n_3 \ , \\ n_1 = 3 + Q \, , \\ n_2 = n - 1 - n_3 - n_1 \, , \\ p_5 = n \ , \\ p_4 = n - W \, , \\ \gamma = n \, , \\ \alpha = n - \delta \, , \\ \delta = 2 \ldots n \ . \end{cases} \qquad (\mathbf{B})$$

Структуры будем отыскивать в виде плоских стержневых механизмов, задаваясь последовательно нарастающим числом звеньев n. Из второго уравнения системы (**B**) следует, что минимальное

число звеньев n_1 может быть принято равным 3 ($n_1 = 3$). Тогда с учетом базисного звена минимальное общее число звеньев механизма будет $n = 1 + n_1 = 4$.
Рассмотрим структуры с числом звеньев от 4 до 8, хотя и можно продолжить этот ряд.
Подставляя в систему (**В**) значения подвижных звеньев от 4 до 8, получим значения следующих параметров $n_1, n_2, n_3, p_5, p_4, \gamma, \delta$ и α (Таблица 2).

Как видно из таблицы 2, при $n = 4$, параметрами цепи являются: $n_1 = 3, n_2 = 0, n_3 = 0, p_5 = 4, p_4 = 3, \gamma = 4$. Из седьмого и восьмого уравнений системы (**В**) следует, что параметр α будет меняться от нуля до двух, а значение δ от 2 до 4. При $\delta = 4$ механизм строится без изменяемого замкнутого контура.

Таблица 2

№ п/п	n	n_1	n_2	n_3	p_5	p_4	γ	δ	α	Q
1	4	3	0	0	4	3	4	4	0	0
							4	3	1	
							4	2	2	
2	5	3	1	0	5	4	5	5	0	0
							5	4	1	
							5	3	2	
							5	2	3	
3	6	4	0	1	6	5	6	6	0	1
							6	5	1	
							6	4	2	
							6	3	3	
							6	2	4	
4	7	4	1	1	7	6	7	7	0	1
							7	6	1	
							7	5	2	
							7	4	3	
							7	3	4	
							7	2	5	
5	8	5	0	2	8	5	8	8	0	2
							8	7	1	
							8	6	2	
							8	5	3	
							8	4	4	
							8	3	5	
							8	2	6	

При $\delta = 3$ и $\delta = 4$ механизм образуется с одним и двумя замкнутыми контурами. Указанные механизмы приведены на рис. 4.

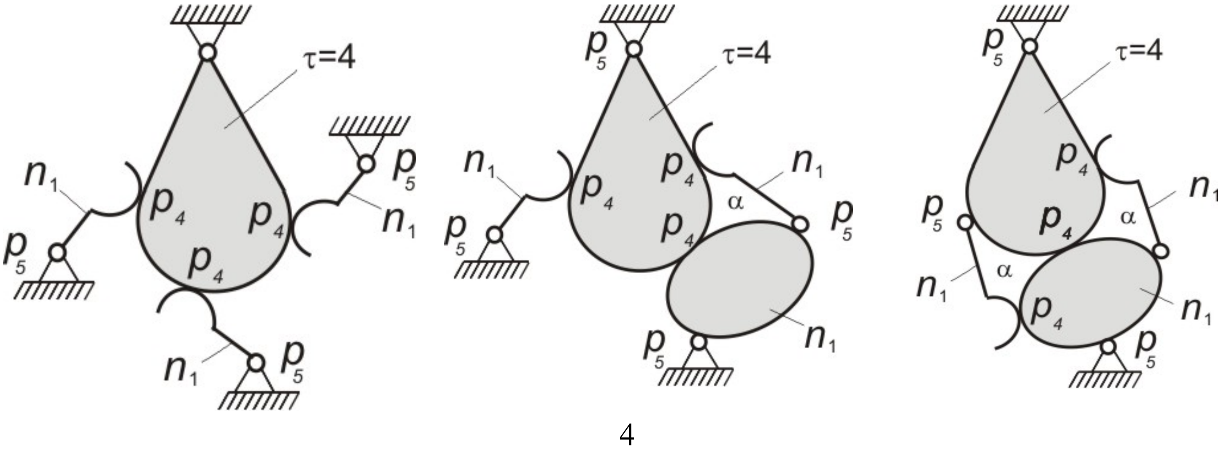


Рис. 4. Структуры кинематических цепей с *n=4, τ=4* при *α=0, α=1* и *α=2*

Из полученных решений можно заключить, что при четырехугольном базисном звене при $n=4$ и $n=5$ число Q равняется нулю. При $n=6$ и $n=7$ значение числа $Q=1$.

Увеличим число подвижных звеньев до 5. Тогда параметры будут иметь следующие значения $n_1=3, n_2=1, n_3=0, p_5=5, p_4=4, \gamma=5$. Необходимо заметить, что и пятизвенные, и шестизвенные механизмы имеют в своем составе одинаковое число звеньев n_1. Оно равно трем. На рис. 5 приведены схемы возможных вариантов механизмов с различным числом выходов на стойку. Число выходов механизма, приведенного на рисунке 6 а, равняется пяти, а механизм, приведенный на рис. 5 b, имея четыре выхода, образует один изменяемый контур. При этом образованы только треугольные замкнутые изменяемые контуры α_3. Механизм, приведенный на рисунке 6с, образует в своем составе два треугольных замкнутых контура.

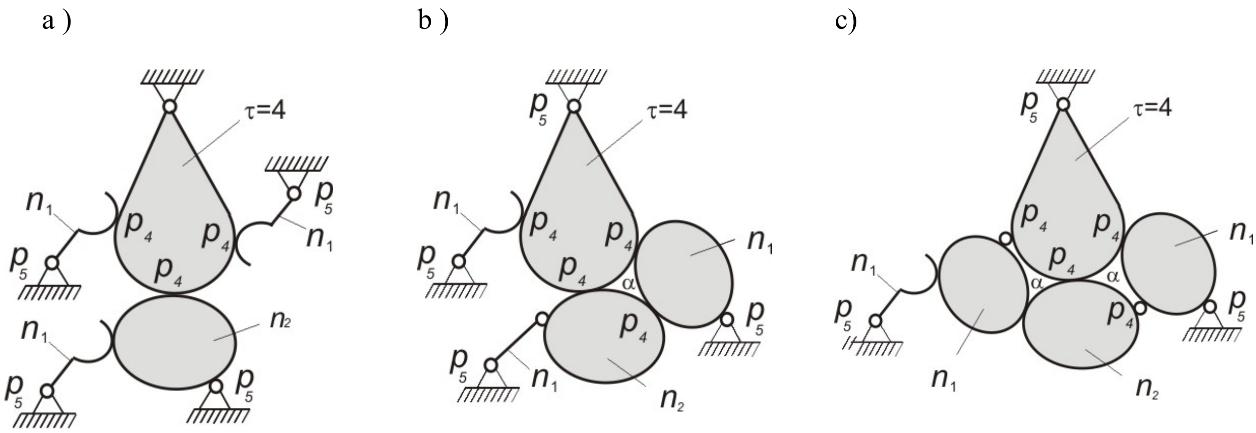


Рис. 5. Структуры кинематических цепей с *n=5, τ=4* при *α=0, α=1* и *α=2*

Таким образом, можно заключить, что система (**A**) может быть использована для поиска всех механизмов, имеющих кинематические пары p_5 и p_4 с различным базисным звеном и с различным числом звеньев, удовлетворяющих условиям идентичности с зубчатыми механизмами.

Литература

1. Дворников Л.Т. Новые подходы к решению задач структурного синтеза зубчатых механизмов. Новокузнецк. Материалы десятой научно- практической конференции по проблемам машиностроения и горных машин, 2000. с.3-17.

2. Садиева А.Э. Структуры зубчатых механизмов с четырехпарным базисным звеном. Научный руководитель, профессор Дворников Л.Т., Новокузнецк. Труды всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения». 2006. с.225-228.