

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ АССУРОВЫХ И НЕАССУРОВЫХ САМОУСТАНОВЛИВАЮЩИХСЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Жанашев И.Ж., Наурызбаев Р.К.

Казахский национальный аграрный университет

Создание принципиально новых – универсальных инженерных методов рационального проектирования самоустанавливающихся объектов различных конструкций – плоских и пространственных исполнительных механизмов кулачкового типа базируется на частных решениях единой ключевой структурной формулы (1) современной теории механизмов и машин. Исследования выполняются в соответствии с научно-техническими программами НИР

КазНАУ и ИТ факультета в рамках темы: «Создание принципиально новых универсальных инженерных методов рационального проектирования самоустанавливающихся устройств, механизмов, передач и машин на основе базовых кинематических цепей», (Руководитель темы Д.Т.Н., профессор Наурызбаев Р.К.. Ответственный исполнитель – к.т.н., доцент Жанашев И.Ж.)

Самоустанавливающиеся кулачковые механизмы это статически определимые механизмы, т.е. механизмы без избыточных связей [1, 2 и др.].

Развитие инженерных методов рационального проектирования плоских и пространственных кулачковых механизмов важны не только с научной точки зрения, но и имеют большое практическое значение – дают новое научное направление, открывают широкие перспективы для разработки их единой теории структуры. Это исключительно важно в конструкторской деятельности инженера ученого в деле создания наиболее общих методов структурного синтеза самоустанавливающихся ассуровых и неассуровых кулачковых механизмов. Новую модель систематизации исследуемых механизмов представим в нижеследующем виде (см. таблицу 1).

Разработка методов рационального проектирования ассуровых и неассуровых кулачковых механизмов базируется на дальнейшем развитии ее классических подходов – фундаментальных основ структурной теории механизмов, машин и основывается на новой структурной формуле, предложенной профессором Р. К. Наурызбаевым в 2001 году в виде: [3,4,5]:

$$\begin{cases} W = m(n + n_1 + n_2 - 1) - \sum_{k=1}^{k=m-1} (m-k)p_k, \\ m = 6, 5, 4, 3, 2. \end{cases} \quad (1)$$

Новая модель систематизации и формула (1) будут служить основанием развитию теории кинематических цепей самоустанавливающихся кулачковых механизмов ассуровой и неассуровой структуры конструкции. Основная идея – синтез базовых конструкции кулачковых механизмов неассуровой стуктуры, развитие ее научно – практической теории, разработка ключевой модели развития неассуровой теории [10,11]. Механизмы одного функционального назначения, но разные в конструктивном исполнении (см. рис 1,2).

Таблица 1.

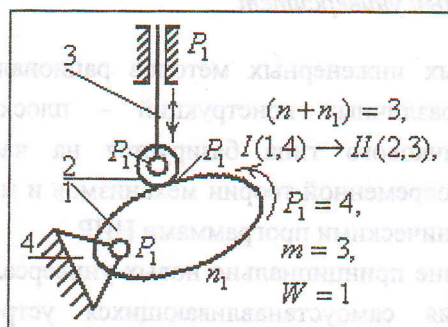
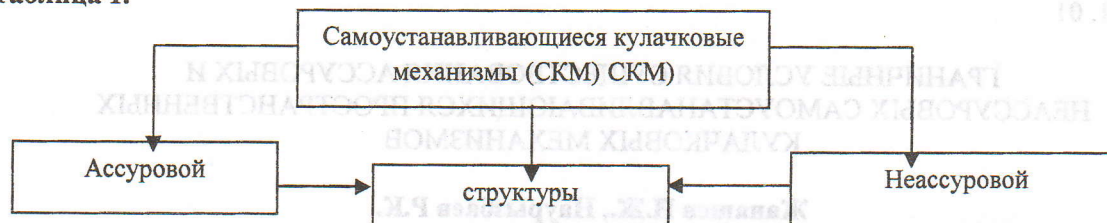
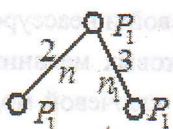


Рис. 1. Четырехзвенный плоский кулачковый механизм ассуровой структуры. Механизм II^{го} класса, 3^{го} семейства.

Самоустанавливающийся кулачковый механизм с поступательно движущимся толкателем 3 с роликом 2. Структура механизма – I (1,4) есть механизм первого класса, включающий ведущее звено 1- кулачок, стойку 4 с парой вида P_1 . Число степеней свободы механизма определяется по структурной формуле Л.В. Ассур – Наурызбаева Р.К., [3]:

$$W = 3(n + n_1) - 2P_1 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1. \quad (2)$$

Основа цепи механизма – II(2,3) есть самоустанавливающаяся двухзвенная группа Ассур II^{го} класса и первого вида: где 2 – ролик, 3 – толкатель, $m = 3, n = 1, n_1 = 1$,



$$(n + n_1) = 2, P_1 = 3, W = 0.$$

Рис. 3. Группа Ассур первого вида.

Формула строения механизма имеет следующий вид записи:

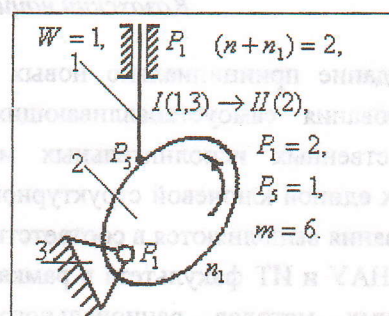


Рис. 2. Трехзвенный пространственный кулачковый механизм неассуровой структуры. Механизм II^{го} класса, 0^{го} семейства.

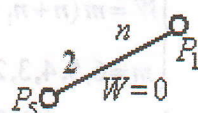
Наибольшее распространение в машинах получила схема самоустанавливающегося кулачкового механизма со штангой (см. рис. 2). Ведущее звено механизма – кулачковый вал 1. Трехзвенный кулачковый механизм состоит из механизма I^{го} класса – I (1,3). Это кулачок 1 с парой P_1 со стойкой 3. Число степеней свободы трехзвенного механизма определяется по структурной формуле А.П. Малышева – Наурызбаева Р.К., [3]:

$$W = 6(n + n_1) - 5P_1 - 4P_2 - 3P_3 - 2P_4 - P_5, \quad (4)$$

$$m = 6, n = 1, n_1 = 1, (n + n_1) = 2, P_1 = 2, P_2 = 0,$$

$$P_3 = 0, P_4 = 0, P_5 = 1, W = 1.$$

Основа цепи механизма – II(2) есть однозвенная самоустанавливающаяся неассуровая группа II^{го} класса, нулевого семейства:



где: 2- штанга,

$$m = 6, n = 1, P_1 = 1,$$

$$P_5 = 1, W = 0.$$

Рис. 4. Однозвенная ($n = 1$) неассуровая группа.

Формула строения механизма:

$$I(1,3) \rightarrow II(2) \quad (5)$$

Кулачковый механизм, основа цепи которой есть однозвенная неассуровая группа, называется кулачковым механизмом неассуровой структуры или неассуровым механизмом с кулачковым валом [1,2,3,4,5].

$$I(1,4) \rightarrow II(2,3) \quad (3)$$

Таким образом кулачковый механизм, основа цепи которой есть группа Ассур, называются кулачковым механизмом ассуровой структуры или кулачковым механизмом Ассура [1,2,3,4,5]. Базисные формы звеньев 3 известны в теории механизмов и машин, носят названия толкателя с острием, с плоской тарелкой и т.д., а также штанги [2]. Ролик 2 также является конструктивной разновидностью звена цепи. Исходная кинематическая цепь с самоустанавливающейся структурой (см. рис. 3) состоит из двух разных по форме и конструктивным особенностям жестких звеньев вида [1,2,3,4].

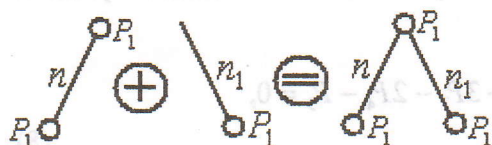


Рис. 5. Конструктивные условия синтеза группы Ассура первого вида

В формуле 2 имеем:

P_1 — число геометрических (одноподвижных, вращательных) кинематических пар V^{10} класса, входящих в состав самоустанавливающейся исходной кинематической цепи кулачкового механизма плоской конструкции (рис. 1).

Вопросы рационального синтеза самоустанавливающихся пространственных неассуровых кулачковых механизмов оказались весьма не простыми. В классической теории механизмов и машин были известны кулачковые механизмы только ассуровой структуры. Запишем систему структурных алгоритмов (1) в более упрощенном виде, для этого примем следующие условия: $m = 6$, $n_2 - 1 = 0$. Тогда имеем:

$$W = 6(n + n_1) - 5P_1 - 4P_2 - 3P_3 - 2P_4 - P_5 = 0 \quad (4)$$

Мы получили структурную формулу (4). Число степеней свободы самоустанавливающихся пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства ассуровой и неассуровой структуры определяется однозначно по структурной формуле (4). При этом основная система, для синтеза структурных алгоритмов ассуровых исходных кинематических цепей на основе двух подвижных звеньев $n + n_1 = 2$, имеет следующую форму записи, [5,6]:

В формуле (4) имеем:

P_1 — число геометрических (одноподвижных, вращательных) кинематических пар V^{10} класса, входящих в состав самоустанавливающейся $(n + n_1) = 2$ кинематической цепи (рис. 2) трехзвенного кулачкового механизма пространственной конструкции.

P_5 — число геометрических (пятиподвижных) кинематических пар I^{10} класса, входящих в состав самоустанавливающейся однозвенной кинематической цепи (рис. 2) трехзвенного кулачкового механизма пространственной конструкции. Механизм II^{10} класса, 0^{10}

(нулевого) семейства, основа цепи — однозвенная неассуровая группа. До настоящего времени в теории механизмов и машин такое понятие как неассуровая группа было малоизвестным, в большей части дискуссионным.

$$\begin{cases} 6(n+n_1)-5P_1-4P_2-3P_3-2P_4-P_5=0, \\ n_1=n, \\ n=1. \end{cases} \quad (6)$$

Основная система, для синтеза структурных алгоритмов ассуровых исходных кинематических цепей на основе трех подвижных звеньев $n+n_1=3$, имеет следующую форму записи, [5,7]:

$$\begin{cases} 6(n+n_1)-5P_1-4P_2-3P_3-2P_4-P_5=0, \\ n_1=2n, \\ n=1. \end{cases} \quad (7)$$

Последовательное решение базовой системы (7) позволяет найти автономные системы для структурного синтеза самоустанавливающихся исходных кинематических цепей кулачковых механизмов нулевого семейства на основе, $n+n_1=3$, т.е. трех жестких звеньев вида n и $2n_1$.

Наиболее общая система для синтеза базовых структурных алгоритмов самоустанавливающихся исходных кинематических цепей кулачковых механизмов нулевого семейства имеет нижеследующий вид записи [5,6,7,8]:

$$\begin{cases} 6(n+n_1)-5P_1-4P_2-3P_3-2P_4-P_5=0, \\ n_1=\alpha n, \\ n=1. \end{cases} \quad (8)$$

Из системы (8) очевидно, что при $\alpha=0$ параметр n_1 также равен нулю, т.е. $n_1=0$. Система (8) преобразуется в нижеследующий вид [5,9]:

$$\begin{cases} 6n-5P_1-4P_2-3P_3-2P_4-P_5=0, \\ n=1. \end{cases} \quad (9)$$

Таким образом, в деле структурного синтеза четырехзвенных, пятизвенных, ... многозвенных ассуровых и трехзвенных неассуровых пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства, как связывающее звено и общий математический аппарат выступает – единая ключевая структурная формула (1) современной теории механизмов и машин [1,3,4]. На основе структурных алгоритмов (1) получены системы структурных алгоритмов – (6), (7), (8), (9). Система структурных алгоритмов (6) работает в зоне синтеза ассуровых четырехзвенных пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства [5,6].

Основная система для синтеза структурных алгоритмов ассуровых исходных кинематических цепей на основе двух подвижных звеньев $n+n_1=2$, – условие (6).

Последовательное решение базовой системы (6) позволяет определить одиннадцать простейших автономных систем для синтеза самоустанавливающихся исходных кинематических цепей кулачковых механизмов на основе двух жестких звеньев вида n и n_1 .

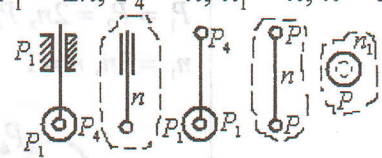
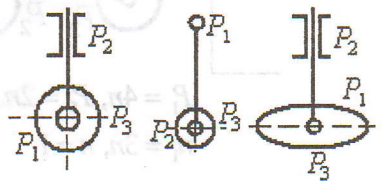
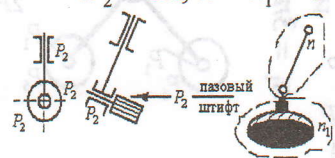
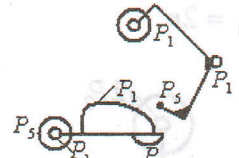
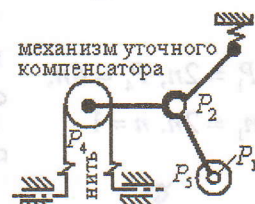
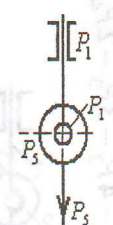
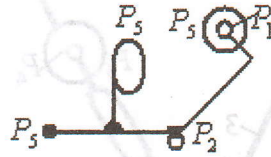
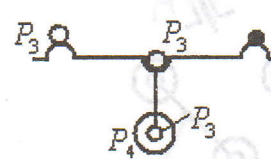
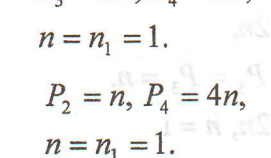
В основу классификации структурных ассуровых групп кулачковых механизмов нулевого семейства на основе самоустанавливающихся исходных кинематических цепей из двух модульно-базисных форм жестких звеньев положена классификационная таблица 2, [2,3,4,5,6].

Система структурных алгоритмов (7) работает в зоне синтеза ассуровых пятизвенных пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства [5,7]. Основная система для синтеза структурных алгоритмов ассуровых исходных кинематических цепей на основе трех подвижных звеньев $(n+n_1)=3$ – условие (7). Последовательное решение базовой системы

структурных алгоритмов (7) позволяет определить восемь автономных систем для синтеза самоустанавливающихся исходных кинематических цепей кулачковых механизмов на основе трех жестких звеньев вида n и $2n_1$.

Классификация двухзвенных $n + n_1 = 2$ ассуровых структурных групп пространственных кулачковых механизмов.

Таблица 2.

Класс группы		
II	III	IV
$P_1 = 2n, P_4 = n, n_1 = n, n = 1.$  $P_1 = n, P_2 = n, P_3 = n,$ $n = n_1 = 1.$  $P_2 = 3n, n = n_1 = 1$ 	$P_1 = 2n, P_5 = 2n,$ $n = 1, n = n_1.$  $P_1 = n, P_2 = n, P_4 = n,$ $P_5 = n, n = n_1 = 1.$  $P_3 = 2n, P_4 = 3n,$ $n = n_1 = 1.$ $P_2 = n, P_4 = 4n,$ $n = n_1 = 1.$ 	$P_1 = n, P_2 = n, P_5 = 3n,$ $n = n_1 = 1.$  $P_3 = 3n, P_4 = P_5 = n,$ $n = n_1 = 1.$  $P_3 = 2n, P_4 = 3n,$ $n = n_1 = 1.$ $P_2 = n, P_4 = 4n,$ $n = n_1 = 1.$ 

Самоустанавливающиеся кулачковые механизмы на базе трехзвенных исходных кинематических цепей в практике машиностроения встречаются в основном III и IV классов, что позволяет эти механизмы систематизировать в единую классификационную таблицу 3. Исходная самоустанавливающаяся кинематическая цепь ($W = 0$) включает в состав три жестких звена вида n и $2n_1$, [2,3,4,5,7].

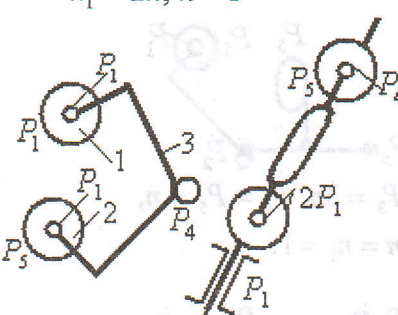
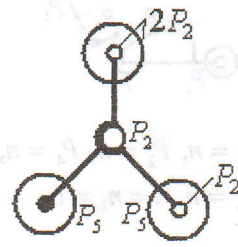
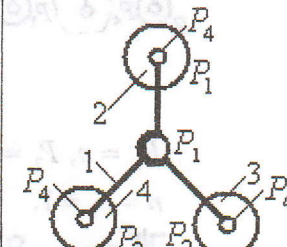
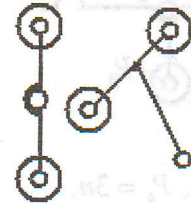
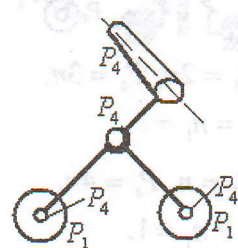
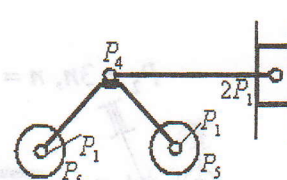
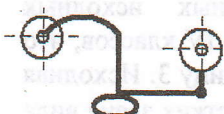
Новые методы структурного синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов на базе трех исходных кинематических цепей не только создают надежный и обозримый способ построения на основе простейших структурных алгоритмов, но и позволяют производить на их основе структурный анализ разнообразных схем новых, а также существующих кулачковых механизмов ассуровой структуры [5,7 и др.].

Система структурных алгоритмов (8) работает в зоне синтеза ассуровых шестизвенных, семизвенных, ... многозвенных пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства [5,8]. Основная система для синтеза структурных алгоритмов ассуровых многозвенных исходных кинематических цепей — условие (8). Из системы (8) очевидно, что при значениях параметров системы $\alpha = 3$ и $n = 1$ получим систему структурных алгоритмов вида:

$$\begin{cases} 6(n+n_1) - 5P_1 - 4P_2 - 3P_3 - 2P_4 - P_5 = 0, \\ n_1 = 3n, \\ n = 1. \end{cases} \quad (10)$$

Классификация трехзвенных $(n+n_1) = 3$ ассуровых структурных групп пространственных кулачковых механизмов.

Таблица 3.

Класс контура		Четырехзвенный (IV) ИКЦ	
III	IV	Четырехзвенный (IV) ИКЦ	
$P_1 = 3n, P_4 = P_5 = n,$ $n_1 = 2n, n = 1$	$P_2 = 4n, P_5 = 2n,$ $n_1 = 2n$	$P_1 = P_2 = 2n, P_4 = 3n,$ $n_1 = 3n, n = 1$	
			
	$P_1 = 2n, P_4 = 4n,$ $n_1 = 2n, n = 1$	$P_1 = 4n, P_5 = 2n, P_4 = n,$ $n_1 = 3n, n = 1$	
$P_1 = 2n,$ $P_2 = P_5 = P_3 = n,$ $n_1 = 2n, n = 1$			
	$P_2 = 4n, P_4 = n,$ $n_1 = 2n, n = 1$		
$P_1 = 3n, P_3 = 2n,$ $n_1 = 2n, n = 1$	1) $P_2 = 3n, P_4 = 3n,$ 2) $P_3 = 6n$	$P_1 = 3n,$ $P_3 = 2n, P_4 = P_5 = n,$ $n_1 = 3n, n = 1$	
$P_1 = P_2 = P_3 = n,$ $P_4 = 3n$	$6(n+n_1) - 5P_1 - 4P_2 - 3P_3 - 2P_4 - P_5 = 0$ $n_1 = 3n$	$P_2 = 5n, P_4 = 2n,$ $n_1 = 3n, n = 1$	

Данная система (10) работает в зоне синтеза ассуровых шестизвенных пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства. Суммарное число звеньев исходной кинематической цепи механизма внутри одного класса равно $(n+3n_1) = 4$ (см. правую часть табл. 3). Соответственно не требует доказательства тот факт, что с увеличением значения параметра α из базовой системы структурных алгоритмов (8) можно получать все новые и новые условия для синтеза семизвенных, восьмизвенных, девятизвенных, ... многозвенных пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства и ассуровой структуры [2,3,4,5,8].

На рис.6 показана в качестве примера конструктивная схема также самоустанавливающегося шестнадцатизвенного механизма для возвратно-поступательного перемещения ремизок ткацкого станка. Ремизка 15 приводится от кулачка 1 через последовательно соединенный двухкоромысловый механизм (звенья 2, 3, 4, 5, 6), тягу 7 и механизм, состоящий из шарнирно

соединенных звеньев 10, 11, 12, 13, 14. Звенья 6 ползуновых механизмов связаны между собой звеном 8, образуя параллельное соединение механизма.

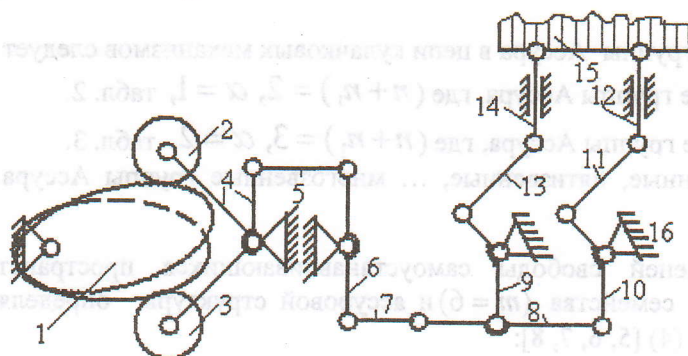


Рис.6. Шестнадцатизвенный самоустанавливающийся механизм для возвратно-поступательного перемещения ремизок ткацкого станка.

Благодаря такому соединению ремизка 15 при одновременном перемещении ползунов 12, 14 совершает поступательное движение. Формула строения самоустанавливающегося механизма для возвратно-поступательного перемещения ремизок ткацкого станка имеет вид [5,8]:

$$I(1,16) \rightarrow IV(2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15) \quad (11)$$

где $I(1,16)$ – механизм первого класса, который состоит из ведущего звена 1 со стойкой 16 и кинематической парой вида P_1 ; $IV(2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15)$ – четырнадцатизвенная самоустанавливающаяся кинематическая цепь IV класса (см. рис.7). Таким образом, основу структуры механизма составляет исходная четырнадцатизвенная самоустанавливающаяся кинематическая цепь IV класса. Число звеньев исходной кинематической цепи определяется как $(n + n_1)$, причем $n_1 = \alpha \cdot n$, $\alpha = 13$, при $n = 1$ (см. рис. 7).

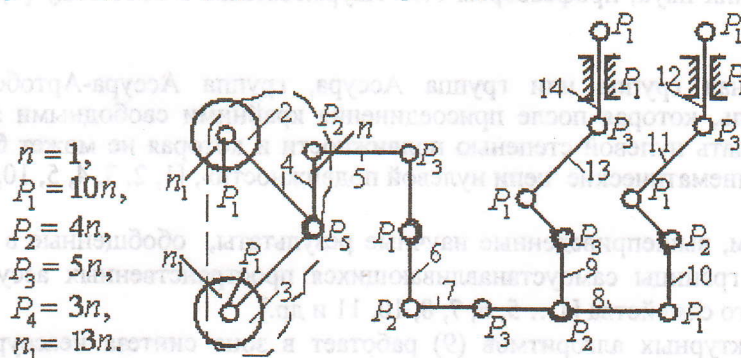


Рис. 7. Четырнадцатизвенная самоустанавливающаяся кинематическая цепь механизма ремизок ткацкого станка.

Из исследований приведенных выше следует нижеследующее:

1. Общим математическим аппаратом в деле структурного синтеза самоустанавливающихся пространственных ассуровых кулачковых механизмов нулевого семейства выступает – единая ключевая структурная формула (1) современной теории механизмов и машин [10, 11 и др.].

2. Объектами синтеза являются самоустанавливающиеся пространственные кулачковые механизмы нулевого семейства и ассуровой структуры. Эти механизмы следует делить на следующие основные группы внутри каждого класса [5, 6, 7, 8 и др.]:

2.1. Ассуровые четырехзвенные кулачковые механизмы ($m = 6$).

2.2. Ассуровые пятизвенные кулачковые механизмы ($m = 6$).

2.3. Ассуровые шестизвенные, семизвенные, ... многозвенные кулачковые механизмы ($m = 6$).

3. Структурные группы Ассура в цепи кулачковых механизмов следует подразделять :

3.1. Двухзвенные группы Ассура, где $(n + n_1) = 2$, $\alpha = 1$, табл. 2.

3.2. Трехзвенные группы Ассура, где $(n + n_1) = 3$, $\alpha = 2$, табл. 3.

3.3. Четырехзвенные, пятизвенные, ... многозвенные группы Ассура (см. табл. 3, правая часть), рис. 6-7.

4. Число степеней свободы самоустанавливающихся пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства ($m = 6$) и ассуровой структуры определяется однозначно по структурной формуле (4) [5, 6, 7, 8]:

$$W = 6(n + n_1) - 5P_1 - 4P_2 - 3P_3 - 2P_4 - P_5.$$

Сомова П.О. – Малышева А.П. – Наурызбаева Р.К.

(1887 г.)

(1923 г.)

(1991 г.)

5. Число степеней свободы самоустанавливающихся структурных групп Ассура нулевого семейства, в цепи исследуемых кулачковых механизмов, определяется на основе системы структурных алгоритмов – (8).

6. Новые методы структурного синтеза самоустанавливающихся пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства и ассуровой структуры на базе структурных алгоритмов из систем - (1), (6), (7), (8) позволило создать надежный и обозримый способ построения новых схем ассуровых механизмов кулачкового типа [5, 6, 7, 8 и др.]. Структурный анализ и синтез самоустанавливающихся ассуровых кулачковых механизмов нулевого семейства на основе многозвенных исходных кинематических цепей также базируется на единой ключевой структурной формуле (1) современной теории механизмов и машин, впервые предложенной доктором технических наук, профессором Р.К. Наурызбаевым в 2001 году [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и др.].

7. «Структурная группа или группа Ассура, группа Ассура-Артоболевского – такая кинематическая цепь, которая после присоединения крайними свободными элементами пар к стойке, будет обладать нулевой степенью подвижности и которая не может быть расчленена на самостоятельные кинематические цепи нулевой подвижности», [1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13 и др.].

Таким образом, вышеприведенные научные результаты, обобщенные в рамках таблицы 4, четко определяют границы самоустанавливающихся пространственных ассуровых кулачковых механизмов нулевого семейства [1... 5, 6, 7, 8, 10, 11 и др.].

Система структурных алгоритмов (9) работает в зоне синтеза неассуровых трехзвенных пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства [5, 9]. Модульно-базисные звенья исходной кинематической цепи кулачковых механизмов целесообразно классифицировать по следующим признакам [5, 9]:

I. По форме конструкции базисного звена:

1. Линейные (стержневые) контактные пальцы.

2. Линейные, изогнутые (стержневые) контактные пластины.

3. Линейные, изогнутые (стержневые) контактные рычаги.

II. По форме профиля контакта базисного звена с ведущим кулачком:

1. Базисное звено с точечным контактом.

2. Базисное звено с линейчатым контактом.

3. Базисное звено с плоскостным контактом.

4. Базисное звено с объемным контактом.

III. По числу контактов базисного звена с ведущим кулачком:

1. Базисное звено с одним контактом.

2. Базисное звено с двумя контактами.

3. Базисное звено с тремя контактами.

4. Базисное звено с четырьмя контактами.

5. Базисное звено с пятью контактами.

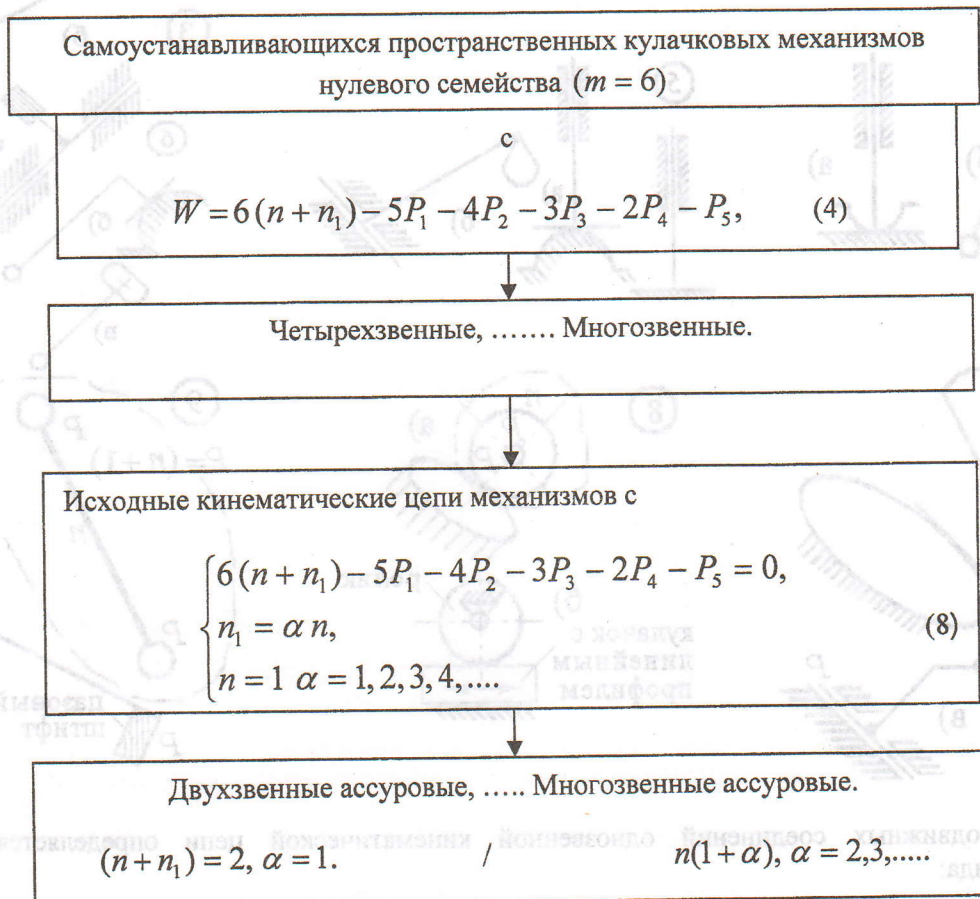
IV. По конструкции соединения базисного звена с пазовым штифтом кулачка:

1. Базисное звено соединено с пазовым штифтом неподвижно.

2. Базисное звено соединено с пазовым штифтом подвижно.

8. Механизмы Ассура кулачкового типа
(общая классификация)

табл. 4.



V. По конструкции соединения базисного звена с роликом:

1. Базисное звено соединено с роликом неподвижно (базисные звенья с грибовидными толкателями).

2. Базисное звено с подвижным роликом.

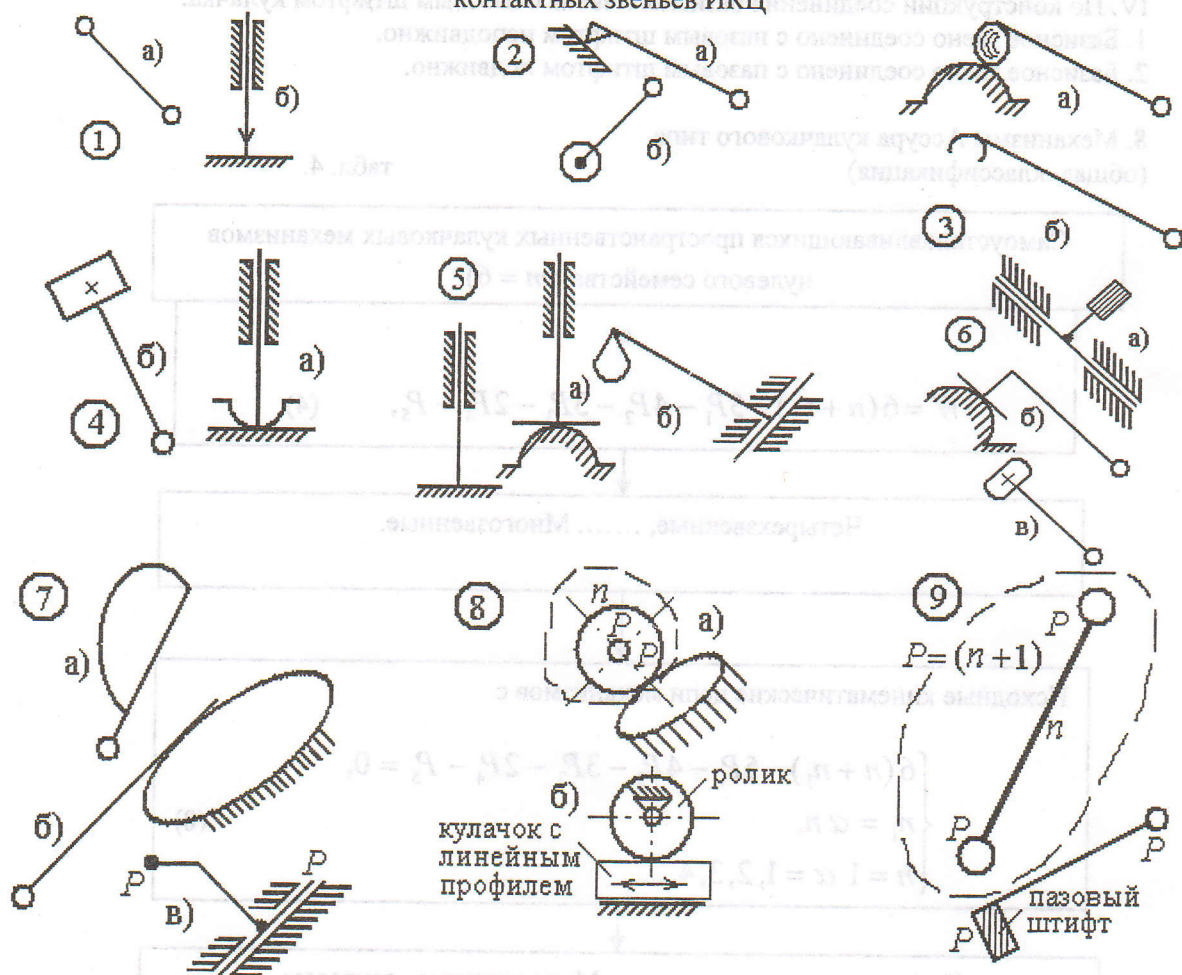
VI. По конструкции соединения базисного звена с пазовым штифтом кулачка и с роликом.

1. Базисное звено, пазовый штифт, кулачок и ролик соединены подвижно.

Предлагаемая нами структурная классификация модульно-базисных звеньев исходной кинематической цепи позволила создать принципиально новый класс пространственных самоустанавливающихся кулачковых механизмов, а также разработать единые методы их структурного анализа и синтеза [5, 9].

В материалах классификационных таблиц 5-7 наглядно приведены основные модульно-базисные формы контактных звеньев исходной кинематической цепи для кулачковых плоских и пространственных механизмов. Основные виды одноконтактных, модульно-базисных форм линейных двухшарнирных звеньев или одноконтактных пальцев наглядно приведены в материалах таблицы 5. Очевидно, что исходные кинематические цепи наиболее простых плоских и пространственных кулачковых механизмов должны быть однозвенными. Такие цепи состоят из линейных поводков. Двухшарнирные поводки – линейные контактные пальцы имеют замкнутую форму кинематической цепи.

Таблица 5.

Модульно-базисные формы
контактных звеньев ИКЦ

Число подвижных соединений однозвенной кинематической цепи определяется по зависимости вида:

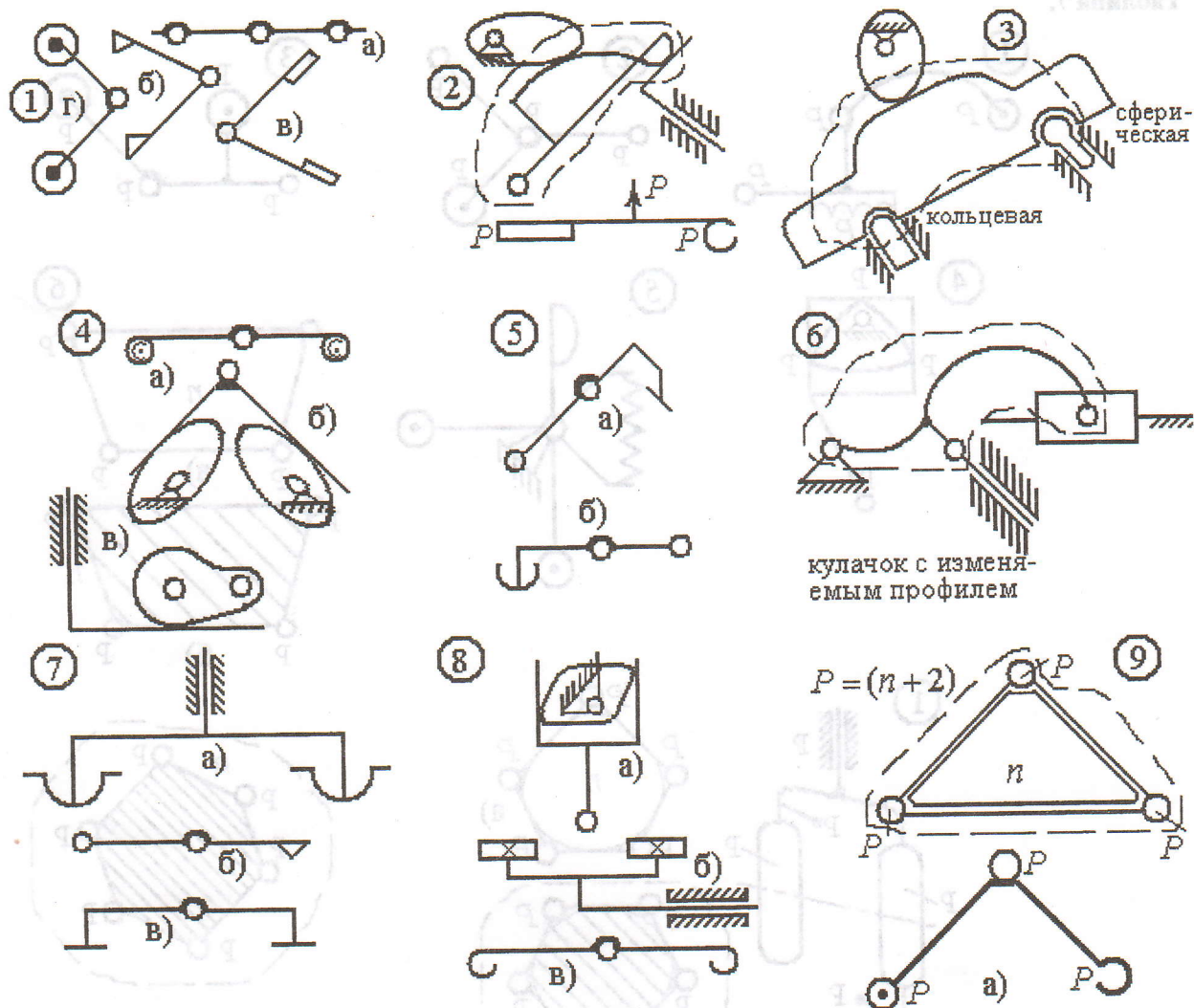
$$P = n + 1, \quad (12)$$

где P – число подвижных соединений, n – число подвижных звеньев исходной кинематической цепи ($n = 1$).

Такие базисные формы звеньев известны в теории механизмов и машин, носят названия толкателя или штанги, коромысла и т.д. Например, толкатель с острием (см.табл.5, поз.1), коромысло с острием (см. табл.5, поз.2), коромысло с шаром (см.табл.5, поз.3), толкатель с грибовидным контактом, толкатель с плоской тарелкой, коромысло с плоской тарелкой, коромысло с прямой (см.табл.5, поз.4, 5, 6, 7). Ролик также является конструктивной разновидностью двухшарнирного одноконтактного звена исходной кинематической цепи (см. табл.5, поз.8).

Основные виды двухконтактных, модульно-базисных форм трехшарнирных звеньев или двухконтактных рычагов наглядно приведены в материалах таблицы 6. Внутри каждого вида кулачковых механизмов существуют различные конструктивные разновидности двухконтактных рычагов или трехшарнирных звеньев, составляющих основу исходной кинематической цепи кулачковых механизмов.

Таблица 6.



Для этого типа кулачковых механизмов число подвижных соединений однозвенной кинематической цепи определяется по зависимости вида [5, 9]:

$$P = n + 2, \quad (13)$$

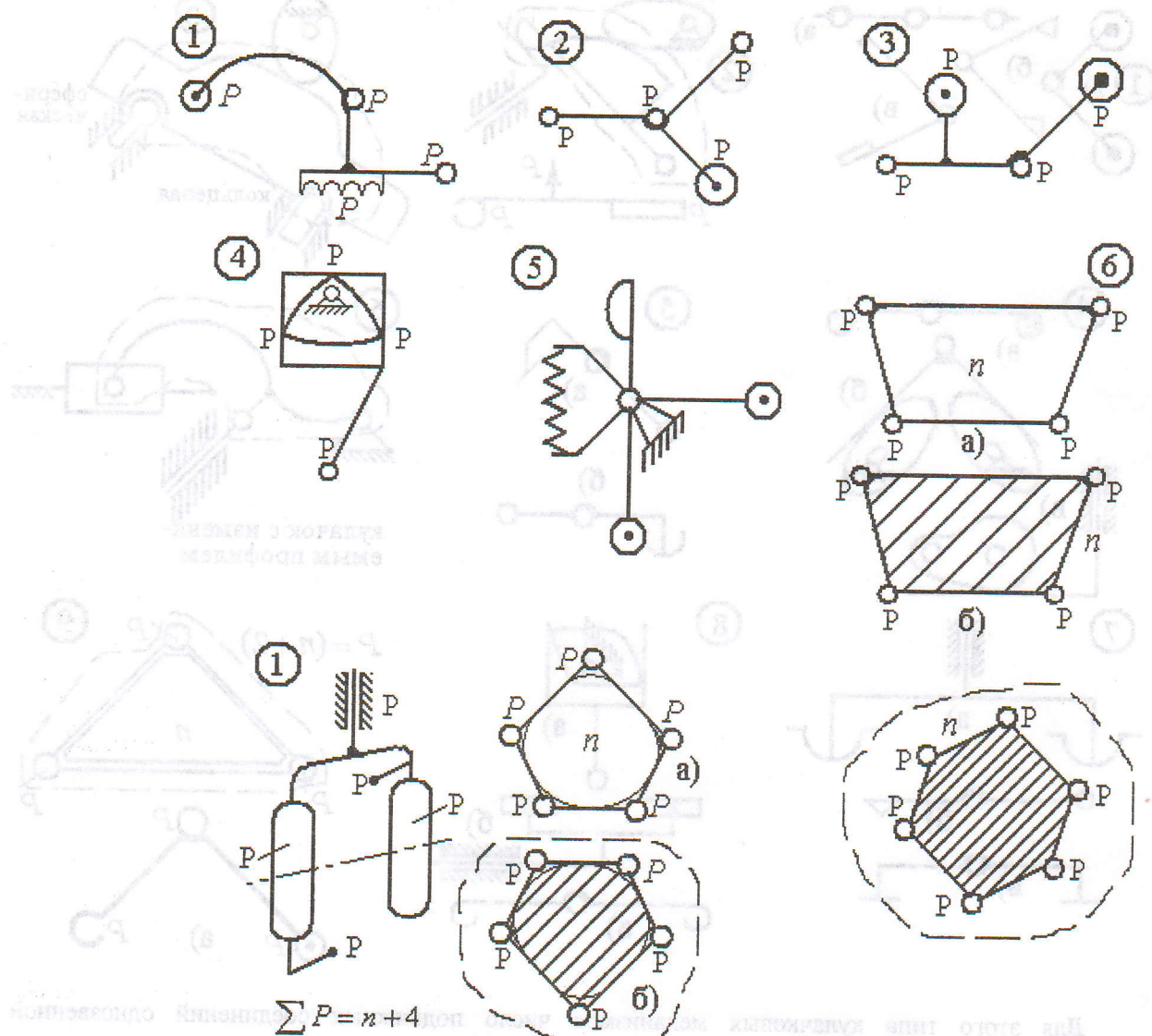
где n — число подвижных звеньев исходной кинематической цепи ($n = 1$).

Основные виды трехконтактных, модульно-базисных форм четырехшарнирных звеньев или трехконтактных рычагов наглядно приведены в материалах таблицы 7. Внутри каждого вида плоских и пространственных кулачковых механизмов существуют различные конструктивные разновидности трехконтактных рычагов или четырехшарнирных звеньев, составляющих основу исходной кинематической цепи. Для этого типа кулачковых механизмов число подвижных соединений однозвенной кинематической цепи определяется по зависимости вида:

$$P = n + 3, \quad (14)$$

где n — число подвижных звеньев исходной кинематической цепи ($n = 1$).

Таблица 7.



Модульно-базисные формы пятишарнирных звеньев или четырехконтактные однозвенные исходные кинематические цепи наглядно приведены в материалах таблицы 8. Для этой группы кулачковых механизмов число подвижных соединений однозвенной кинематической цепи определяется по зависимости вида:

$$P = n + 4, \quad (15)$$

В арсенале практического машиностроения кулачковые механизмы на основе однозвенных пятишарнирных исходных кинематических цепей встречаются очень редко, но имеются. В формуле (15) ($n = 1$).

Наконец, для трехзвенных плоских и пространственных кулачковых механизмов, число подвижных соединений однозвенной кинематической цепи определяется по зависимости вида [5, 9 и др.]:

$$P = 1 + \alpha^*, \quad (16)$$

где α^* — число контактов модульно-базисного звена с ведущим звеном — кулачком.

Известно, что в основе науки о механизмах лежат представления об их строении, принципах образования и классификации. Исследование любой схемы сложного кулачкового механизма значительно упрощается, если предварительно раскрыта его структура, т.е. установлено строение

исходной кинематической цепи механизма путем расчленения его на отдельные базисные формы начальных звеньев. В связи с этим зависимость (16) является исключительно важной в конструкторской деятельности инженера, а также ученого в деле создания наиболее общих методов структурного анализа и синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов.

Впервые разработанная структурная классификация самоустанавливающихся кулачковых механизмов на основе однозвенных исходных кинематических цепей приведена в материалах таблицы 8. В левом верхнем углу таблицы 8 приведена основная зависимость, определяющая условия самоустанавливаемости – исходной кинематической цепи для кулачковых пространственных исполнительных механизмов [5, 9]. Главное условие самоустанавливаемости однозвенных исходных кинематических цепей для кулачковых механизмов записано в форме, предложенной профессором С.Н.Кожевниковым [14]. Нами разработана общая классификация исходных кинематических цепей кулачковых механизмов с учетом всех видов кинематических пар по А.П.Малышеву, а также модульно базисных форм звеньев (контактные пальцы, рычаги). Однозвенные исходные кинематические цепи разбиты на пять основных классов (II, III, IV, V). Самоустанавливающиеся базисные звенья определены по семействам. Синтез самоустанавливающихся исходных кинематических цепей осуществляется по структурным алгоритмам. Например, самоустанавливающиеся исходные кинематические цепи II класса синтезируются по следующим основным структурным алгоритмам (см.табл. 8), [5, 9]:

$$P_5 = P_1 = n, \quad (17)$$

$$P_2 = P_4 = n, \quad (18)$$

$$P_3 = 2n, \quad (19)$$

Классификационная таблица 8 содержит наглядные материалы, весьма оригинально и может служить универсальным своеобразным аппаратом синтеза простых и сложных, пространственных модификаций кинематических цепей с самоустанавливающейся структурой. Такие самоустанавливающиеся кинематические цепи формируются из одного базисного звена конкретной модификации (см. табл.8).

Таким образом, из материалов таблицы 8 становится очевидным существование статически определимых пространственных групп, состоящих из одного звена и совокупности кинематических пар по классификации А.П.Малышева для принципиально нового класса самоустанавливающихся кулачковых механизмов [5, 9]. Любая из рассмотренных самоустанавливающихся однозвенных исходных кинематических цепей и их разнообразные новые модификации, синтезированные по условиям классификационной таблицы 8, при присоединении к начальным звеньям приобретают подвижность. Число степеней свободы полученного механизма становится равным числу степеней свободы начальных звеньев [5, 9].

Из исследований приведенных выше следует нижеследующее:

1. Общим математическим аппаратом в деле структурного синтеза принципиально нового типа самоустанавливающихся пространственных неассуровых кулачковых механизмов нулевого семейства выступает – единая ключевая структурная формула (1) современной теории механизмов и машин [10, 11 и др.].
2. Объектами синтеза являются самоустанавливающиеся пространственные неассуровые кулачковые механизмы нулевого семейства. Эти механизмы трехзвенные внутри каждого класса нулевого семейства ($m = 6$), [5, 9 и др.].
3. Структурных, элементарных (двухзвенных) групп Ассура в составе цепи трехзвенных пространственных кулачковых механизмов нет. Структурные группы – неассуровые группы и они однозвенные(см. табл. 8), [5, 9, 10, 11].
4. Число степеней свободы самоустанавливающихся пространственных неассуровых кулачковых механизмов нулевого семейства определяется однозначно по структурной формуле (4) [1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11].

Классификация однозвенных неассуровых структурных групп пространственных кулачковых механизмов.

Таблица 8.

$$6n - 5P_1 - 4P_2 - 3P_3 - 2P_4 - P_5 = 0$$

Класс базисного звена- «n»

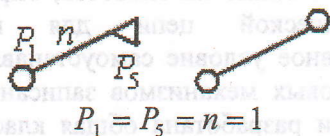
P=k

n Контакты (II) пальцы

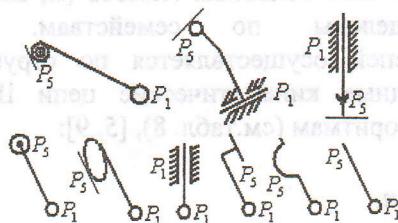
Рычаги (III)

IV

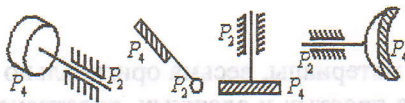
V



$$P_5 = 2n = 2, P_2 = n = 1, P_4 = 3n = 3.$$

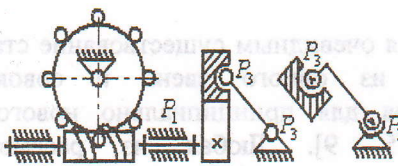


Контакты с кулачком в точке или по линии



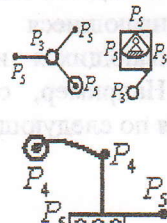
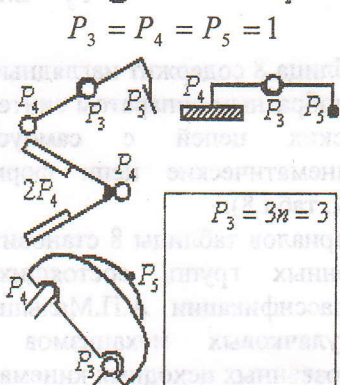
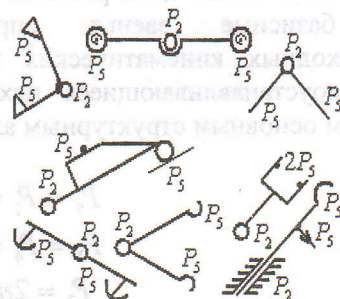
Контакты по поверхности

$$P_2 = P_4 = n = 1$$



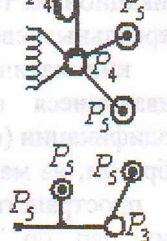
Контакты по объемной поверхности

$$P_3 = 2n = 2$$

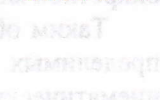


$$P = k$$

P – число кинематических пар базисного звена «n»



P – число кинематических пар базисного звена «n»



5. Число степеней свободы самоустанавливающихся однозвенных неассуровых групп нулевого семейства, в цепи трехзвенных кулачковых механизмов, определяется на основе системы структурных алгоритмов – (9), [1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11].

6. Новые методы структурного синтеза самоустанавливающихся пространственных кулачковых механизмов нулевого семейства и неассуровой структуры на базе структурных алгоритмов из систем - (1) и (9) позволили создать мощный способ построения новых схем неассуровых механизмов кулачкового типа [1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11 и др.]. Структурный анализ и синтез самоустанавливающихся неассуровых кулачковых механизмов нулевого семейства на основе однозвенных исходных кинематических цепей также базируется на единой ключевой структурной формуле (1) современной теории механизмов и машин, впервые предложенной доктором технических наук, профессором Р.К. Наурызбаевым в 2001 году [1, 2, 3, 4, 10, 11 и др.].

7. «Неассуровая структурная группа в цепи механизма кулачкового типа, это такая однозвенная кинематическая цепь, которая после присоединения крайними свободными элементами пар к стойке, будет обладать нулевой степенью подвижности, т.е. превратится в жесткую статически определимую пространственную неподвижную механическую систему». [1, 10, 11 и др.]. /Д.т.н., профессор Наурызбаев Р.К., 2001 г./

8. Неассуровые механизмы кулачкового типа (общая модель классификации).

Таблица 9.

