

## ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**УДК 681.3: 621.01**

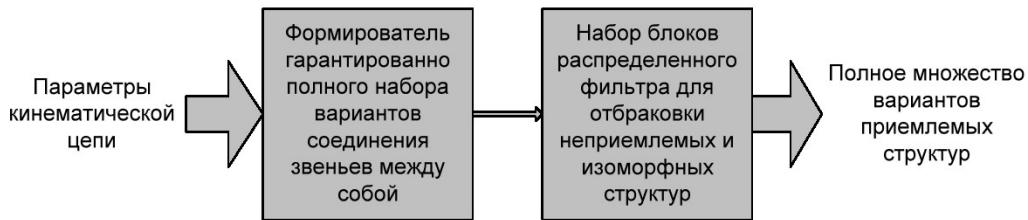
**А.В.Степанов**

### **ФИЛЬТРАЦИЯ ВАРИАНТОВ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО СИНТЕЗА СТРУКТУР ПЛОСКИХ ШАРНИРНЫХ СИСТЕМ**

В упрощенном виде задача синтеза полного многообразия структур плоских шарнирных систем формулируется следующим образом: для заданного количества и номенклатуры звеньев построить все возможные варианты их соединений между собой, удовлетворяющие заданному набору ограничений.

При небольшом количестве звеньев эта задача решается вручную, поскольку число различных вариантов соединений – небольшое. При увеличении количества звеньев число различных структур увеличивается нелинейно. При восьми звеньях –

ФСП гнезда представляет собой набор целых положительных чисел. Каждое из чисел соответствует тому или иному параметру конструируемой схемы, а все они вкупе однозначно идентифицируют вариант реализации гнезда контуров, не требуя предварительной нумерации звеньев. В качестве таких параметров идентификации выбраны: количество вершин наиболее сложного звена; количество контуров и их сложность; количество сторон полученного фрагмента; количество участков на его сторонах; сложность и порядок размещения звеньев на сторонах [3]. Основные опера-



*Рис. 1. Упрощенная функциональная схема программы синтеза структур.*

это сотни вариантов, при десяти – тысячи и т.д. В [1 и 2] была описана компьютерная технология конструирования полного множества возможных вариантов структурных схем. В упрощенном виде программное обеспечение для автоматизированного синтеза структур плоских шарнирных систем состоит из двух частей: формирователя гарантированно полного множества вариантов структур и распределенного фильтра для отбраковки неприемлемых и изоморфных вариантов (рис.1).

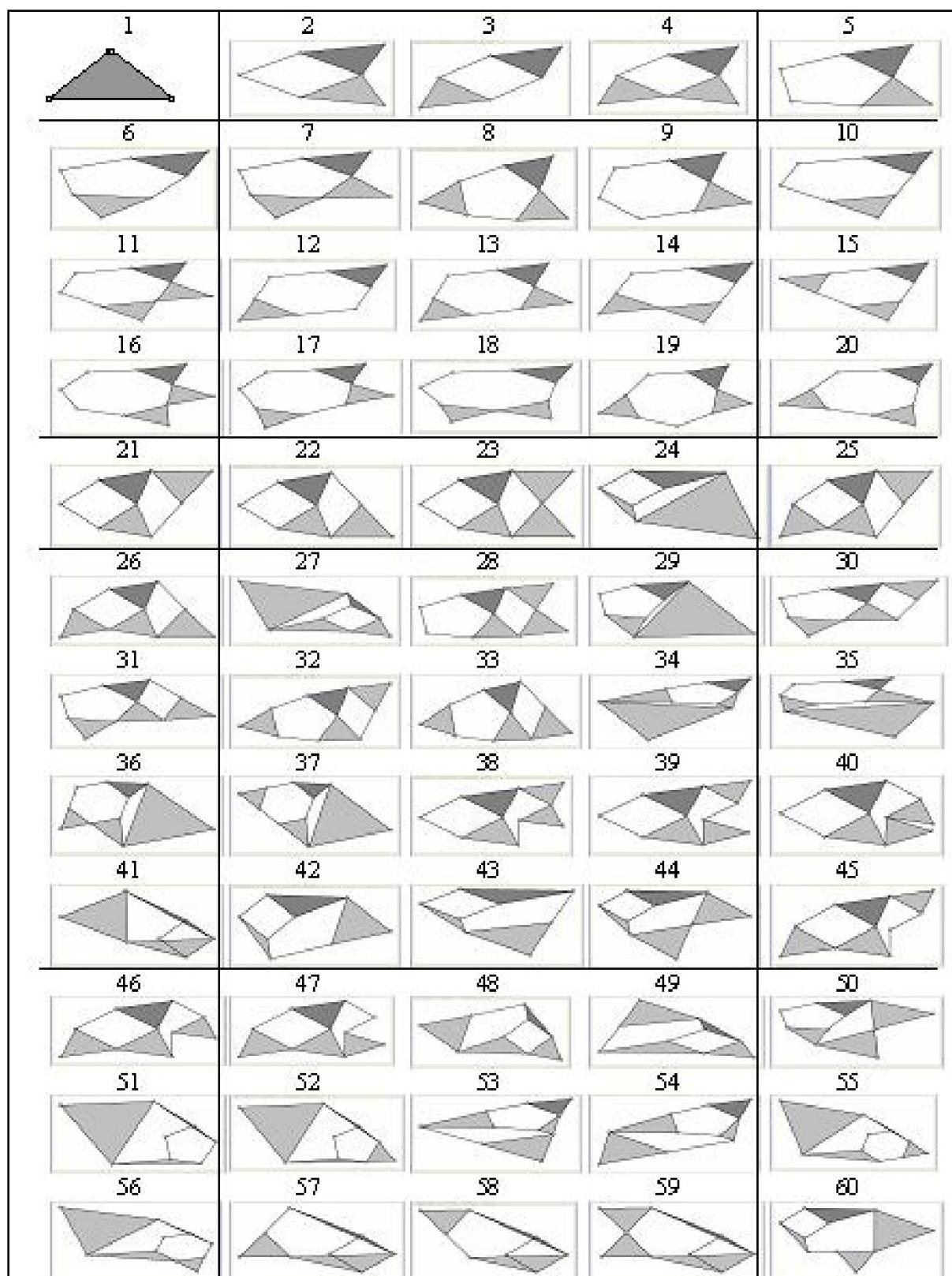
Одной из основных концепций, положенных в основу объектно-ориентированной технологии формирования структурных схем, является представление любой структурной схемы в виде двух составных частей: гнезда контуров и периферийной части. В первую очередь конструируются все возможные варианты гнезд контуров, а затем к ним добавляется периферийная часть. В соответствии с этим, все многообразие получающихся гнезд контуров должно быть подвергнуто анализу первыми блоками распределенного фильтра, не пропускающими на выход неперспективные и изоморфные структуры. Работа этих блоков обеспечивается путем анализа формализованных символьных представлений (ФСП), формирующихся для каждого из гнезд, в процессе их построения.

ции, осуществляемые фильтром, рассмотрим на примере формирования восьмизвездных структур. Если не подключать блоки фильтра, отбраковывающего гнезда, то при заданных исходных данных получается 70 кадров, сохраняемых в стековой области памяти (табл.1). Каждый из кадров соответствует варианту реализации гнезда контуров.

В табл. 2 представлены формализованные символьные представления приведенных выше гнезд контуров. Первая строка таблиц 1 и 2 соответствует  $\tau$  – угольнику, остальные 69 - одноконтурным и двухконтурным гнездам.

Неперспективными фрагментами структурных схем являются те, которые имеют всего одну свободную кинематическую пару; это фрагменты с номерами: 21, 22, 24, 29, 41, 42, 43, 51, 57, 58, 66. Такие варианты гнезд отбраковываются первым из блоков распределенного фильтра и не помещаются в стековую область памяти.

Следующий блок распределенного фильтра проверяет сформированное гнездо на изоморфность или подобие сформированным ранее структурам. Для осуществления такого рода проверки гнезда условно разбиваются на несколько сообществ. К одному сообществу относятся структу-

Таблица 1. Совокупность кадров стековой области памяти при  $\tau = 3$  и  $n = 7$ 

ры, имеющие одинаковое количество контуров и их сложность. Таких сообществ получается десять (табл. 2).

В каждом из сообществ различают родственные структуры. Родственными структурами считаются такие, которые имеют одинаковое количе-

ство ограничивающих сторон и одинаковое количество участков на сторонах.

При получении очередного гнезда контуров и

его формализованного символьного представления просматривается набор кадров, имеющихся в стековой области памяти. При сравнении ФСП

Таблица 2. ФСП гнезд контуров при  $\tau = 3$  и  $n = 7$

Ном. кадра	Кол-во контур.	Сложн. контуров	Кол-во сторон	Кол-во уча- стков	Сложность звеньев и порядок их размещения на сторонах		
1	0	0	3	111	3	3	3
2	1	4	2	24	33	3223	
3	1	4	2	33	323	323	
4	1	4	3	223	33	33	323
5	1	5	2	25	33	32223	
6	1	5	2	34	323	3223	
7	1	5	3	224	33	33	3223
8	1	5	3	233	33	323	323
9	1	6	2	26	33	322223	
10	1	6	2	35	323	32223	
11	1	6	3	225	33	33	32223
12	1	6	2	44	3223	3223	
13	1	6	3	234	33	323	3223
14	1	6	3	324	323	33	3223
15	1	6	3	333	323	323	323
16	1	7	3	226	33	33	322223
17	1	7	3	235	33	323	32223
18	1	7	3	325	323	33	32223
19	1	7	3	244	33	3223	3223
20	1	7	3	334	323	323	3223
21	2	44	1	7	3322323		
22	2	44	1	7	3232233		
23	2	44	2	26	33	332233	
24	2	44	1	5	33233		
25	2	44	2	44	3323	3323	
26	2	44	2	53	32323	333	
27	2	44	2	33	333	333	
28	2	54	2	27	33	3322233	
29	2	54	1	6	332233		
30	2	54	2	54	33223	3323	
31	2	54	2	63	323223	333	
32	2	54	2	45	3323	32323	
33	2	54	2	54	32323	3233	
34	2	54	2	34	333	3233	
35	2	64	2	35	333	32233	
36	2	64	2	53	33223	333	
37	2	64	2	44	3323	3233	
38	2	45	2	27	33	3322323	
39	2	45	2	36	323	332233	
40	2	45	2	27	33	3232233	
41	2	45	1	4	3333		
42	2	45	1	6	332323		
43	2	45	1	6	323233		
44	2	45	2	25	33	33233	
45	2	45	2	45	3323	33223	
46	2	45	2	54	32323	3323	
47	2	45	2	63	322323	333	
48	2	45	2	34	333	3323	
49	2	45	2	43	3233	333	
50	2	55	2	26	33	332233	

Таблица 2 (оконч.) ФСП гнезд контуров при  $\tau = 3$  и  $n = 7$ 

Ном. кадра	Кол-во контур.	Сложн. контуров	Кол-во сторон	Кол-во участков	Сложность звеньев и порядок их размещения на сторонах		
51	2	55	1	5	33233		
52	2	55	2	33	333	333	
53	2	55	2	35	333	32323	
54	2	55	2	44	3233	3233	
55	2	65	2	43	3323	333	
56	2	65	2	34	333	3233	
57	2	46	1	5	33323		
58	2	46	1	5	32333		
59	2	46	2	24	33	3333	
60	2	46	2	26	33	332323	
61	2	46	2	35	323	33233	
62	2	46	2	26	33	323233	
63	2	46	2	35	333	33223	
64	2	46	2	44	3233	3323	
65	2	46	2	53	32233	333	
66	2	56	1	4	3333		
67	2	56	2	25	33	33233	
68	2	56	2	34	333	3323	
69	2	56	2	43	3233	333	
70	2	66	2	33	333	333	

очередного кадра и ФСП сформированного гнезда выполняется три проверки:

1. принадлежит ли очередной кадр и сформированное гнездо к одному сообществу;
2. является ли очередной кадр и сформированное гнездо родственными структурами;
3. идентичны ли порядок расположения и сложности звеньев на сторонах очередного кадра и сформированного гнезда.

Если полученный и имеющийся в стековой области фрагменты структурных схем относятся к одному сообществу, являются родственными, имеют одинаковой сложности звенья и порядок их размещения на сторонах, то полученная структура считается изоморфной или подобной и отвергается фильтром.

Блок-схема процедуры установления изоморфности гнезд контуров представлена на рис. 2.

В результате работы процедуры будет отобран 41 вариант гнезд контуров, помещаемых в стековую область памяти. В соответствии с нумерацией кадров табл.1, - это кадры 2-17, 19-20, 23, 25-28, 30-32, 34-35, 37-39, 44, 50, 52-55, 59-61, 67, 70.

Как было отмечено ранее, после того, как сформированы все возможные варианты гнезд контуров, делается попытка добавить к каждому из гнезд периферийную часть.

Если же на формирование гнезда контуров были использованы все, имевшиеся в наличии звенья, то периферийная часть будет отсутствовать, а гнездо контуров потенциально может представлять собой полноценную структурную схему.

Следующими блоками фильтра осуществля-

ется анализ номенклатуры и количества звеньев, оставшихся в наличии после формирования гнезда контуров. Эти данные для рассматриваемой задачи помещены в табл. 3. Рядом с номером варианта в квадратных скобках размещается номер кадра табл. 1.

Из сорока одного варианта сформированных фрагментов девятнадцать – соответствуют ситуации, когда на создание гнезд контуров были использованы все звенья. Это варианты с номерами: 14-17, 22-25, 27-30, 32, 34, 35, 38, 39, 40, 41 (табл. 3.).

Из этого количества вариантов должны быть отбракованы те, у которых хотя бы на одной из ограничивающих сторон между свободными кинематическими парами имеется менее трех звеньев.

Это гнезда под номерами 14[16], 15[17], 16[19], 22[28], 29[38], 32[50], 38[60], 40[67]. Таких структур – восемь. Они должны быть отвергнуты соответствующим блоком распределенного фильтра.

Если после формирования гнезда контуров остаются звенья сложнее поводка, то для формирования полноценных структурных схем кроме этих звеньев необходимо иметь в наличии не менее, чем  $n_i+1$  поводков.

Это еще одна из проверок, осуществляемая соответствующим блоком фильтра.

Оставшиеся варианты гнезд контуров могут быть допущены для дальнейшего развития структурной схемы.

Если среди оставшихся в наличии звеньев есть звенья сложнее поводка, то формируется

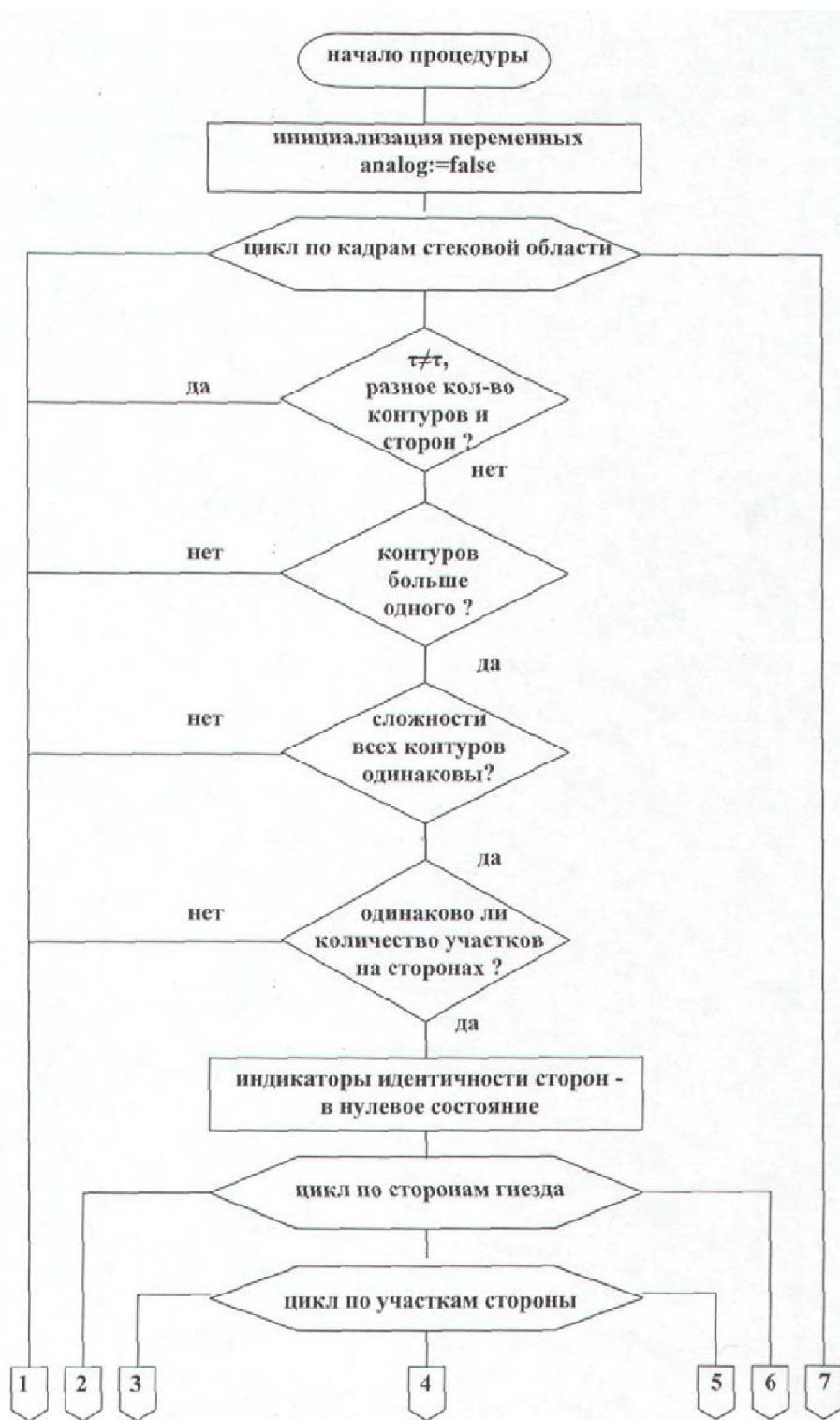


Рис. 2. Блок-схема процедуры установления изоморфности гнезд контуров

множество вариантов их присоединения к сформированному гнезду. Вслед за этим размещаются оставшиеся в наличии поводки.

Размещение поводков является финальной стадией при формировании структурных схем с изменяемыми замкнутыми контурами. Поводки

присоединяются к свободным кинематическим парам фрагмента, прошедшего предварительный анализ и стадию развития.

В зависимости от поставленной задачи алгоритм распределения поводков между свободными кинематическими парами должен быть различен.

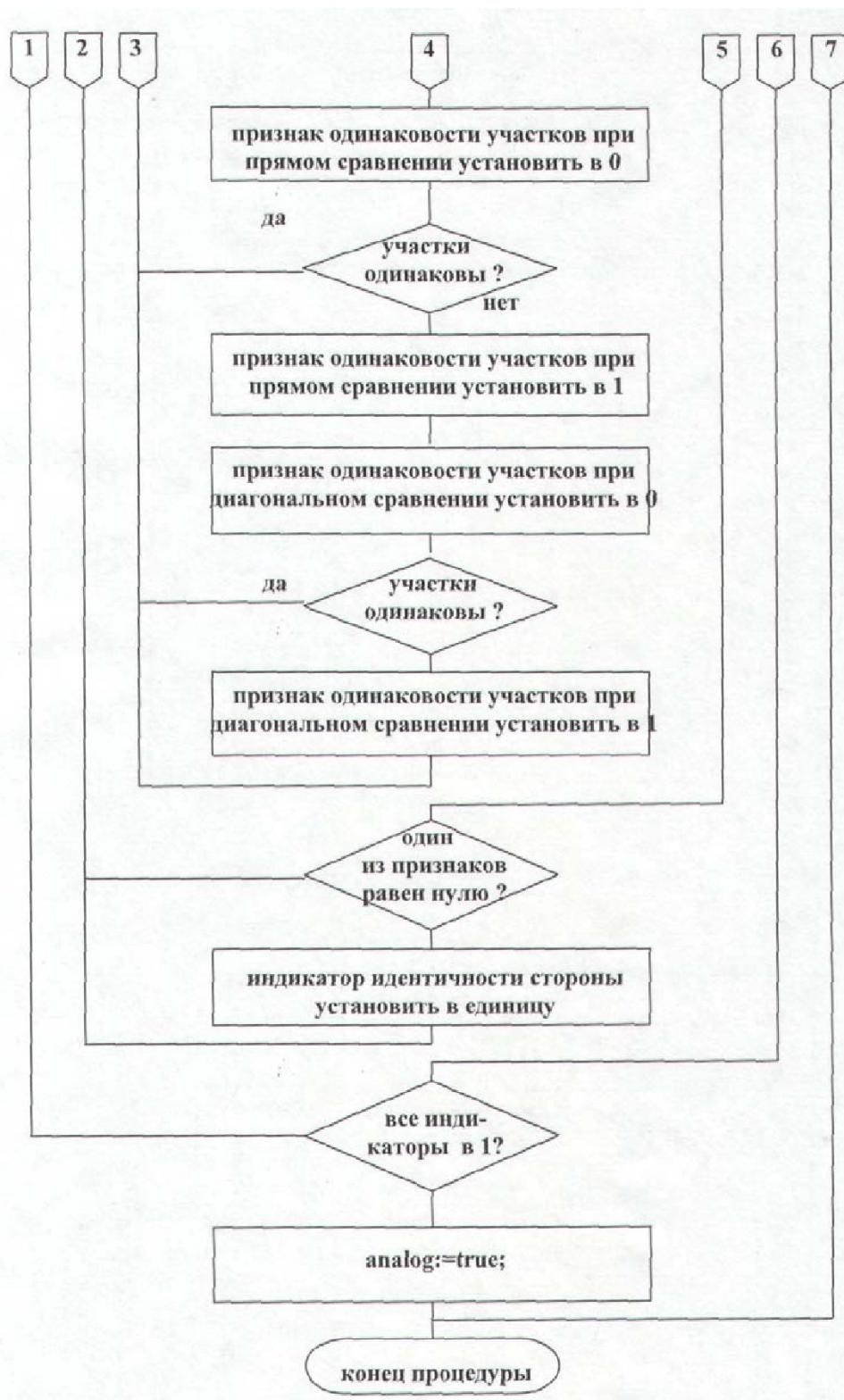


Рис. 2. Блок-схема процедуры установления изоморфности гнезд контуров (оконч.).

Так, например, при поиске полного многообразия структурных схем механизмов к одной и той же свободной кинематической паре может быть присоединено различное количество поводков, а при поиске полного многообразия структурных групп нулевой подвижности к свободной кинема-

тической паре может быть присоединен только один единственный поводок.

После присоединения поводков получившиеся структурные схемы должны быть отправлены для анализа очередным блоком распределенного фильтра, соответствующего виду или классу ре-

шаемой задачи.

В первую очередь должны быть отвергнуты те из структурных схем, у которых между свободными кинематическими парами на любой из ограничивающих сторон имеется менее трех участков. Если два любых звена структурной схемы имеют кинематические пары более чем с двумя общими

структурной схеме структурных групп с меньшим числом звеньев.

В общем случае набор блоков распределенного фильтра и алгоритм их работы зависит от класса решаемой задачи.

Таким образом, компьютерные программы для автоматизированного синтеза структур пло-

Таблица 3. Номенклатура и числа звеньев, оставшихся после формирования гнезд

Номер гнезда	Остаток										
	n2	n1									
1 [2]	1	2	2 [3]	1	2	3 [4]	0	3	4 [5]	1	1
5 [6]	1	1	6 [7]	0	2	7 [8]	0	2	8 [9]	1	0
9 [10]	1	0	10 [11]	0	1	11 [12]	1	0	12 [13]	0	1
13 [15]	0	1	14 [16]	0	0	15 [17]	0	0	16 [19]	0	0
17 [20]	0	0	18 [23]	0	1	19 [25]	0	1	20 [26]	0	1
21 [27]	0	2	22 [28]	0	0	23 [30]	0	0	24 [31]	0	0
25 [32]	0	0	26 [34]	0	1	27 [35]	0	0	28 [37]	0	0
29 [38]	0	0	30 [39]	0	0	31 [44]	0	1	32 [50]	0	0
33 [52]	0	1	34 [53]	0	0	35 [54]	0	0	36 [55]	0	1
37 [59]	0	1	38 [60]	0	0	39 [61]	0	0	40 [67]	0	0
41 [70]	0	0									

звеньями, то такие структуры отбраковываются как неработоспособные. Осуществляются другого рода проверки. К примеру, при решении задачи, связанной с поиском полного многообразия структурных групп нулевой подвижности, осуществляется анализ на наличие в сформированной

зарегистрированных систем могут структурно состоять из двух частей: набора процедур, осуществляющих формирование полного многообразия вариантов соединения звеньев между собой, и набора процедур, осуществляющих фильтрацию получаемых структурных схем в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ним.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов А.В. Объектно-ориентированная технология компьютерного синтеза структурных схем плоских шарнирных механизмов / А.В. Степанов // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., № 6(64), с. 105-110.
2. Степанов А.В. О порядке применения параметров при автоматизированном синтезе структурных схем / А.В. Степанов // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., № 6(64), с. 110-114.
3. Степанов А.В. Идентификация структурных схем плоских кинематических цепей с вращательными парами пятого класса / А.В. Степанов // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., № 2(66), с. 75-78

Автор статьи

Степанов  
Александр Васильевич  
- канд. техн. наук, доц.,  
зав. каф. прикладной информатики  
(Сибирский государственный инду-  
стриальный университет,  
г. Новокузнецк),  
stepanov@sibsiu.ru