

КОНСТРУИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ЧАСТЬ 2. ПОСТРОЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ



Владимир Михайлович Третьяков, Ковровская государственная технологическая академия имени Дегтярева, Россия, г. Ковров
Тел.: (49232) 4-20-33, E-mail: tretykov.kovrov@list.ru

Аннотация

Для решения задач конструирования предлагаются три инструмента: матрицы подвижностей, узлы сопряжения и модели промежутков между составными частями изделия. По мнению автора, эти инструменты позволяют формализовать решение некоторых задач процесса конструирования. Применение предложенных инструментов иллюстрируется на примере разработки конструкций трехзвенных винтовых механизмов.

Ключевые слова: конструирование, узел сопряжения, структурная модель, геометрический элемент составной части, фрагмент геометрического тела составной части, модель промежутка между составными частями.

Введение

Профессор Л.В. Лось считает, что совершенство структур машин и приборов имеет преимущественное значение для технологичности и в значительной мере предопределяется методами конструирования [1]. Появление автоматизированных систем проектирования не снижает актуальности исследований по формализации описания конструкций, что способствует расширению применения САПР. Методы конструирования отстают в своем развитии от успехов электроники и вычислительной техники. Причиной отставания Л.В. Лось считает «отсутствие общей теории структуры конструкций, способной объединить в строгую систему научные

и прикладные результаты, дать эффективные методы получения изделий с заданными свойствами» [1]. Для преодоления отставания он предложил аксиоматическую теорию структуры изделий, основанную на сформированной им системе аксиом. Однако из автореферата его диссертации не понятно позволяет ли предложенная система аксиом разрабатывать конструкции деталей. Подавляющее большинство терминов, используемых в аксиомах, не относятся к понятиям, определяющим геометрию конструкции. Содержание термина, который может быть отнесен к геометрии изделий, - «первичный элемент» в автореферате, не раскрыто.

В диссертации И. А. Баркова [2] предложено использовать для создания интеллектуальных САПР декларативной конструкторской семантики. Метод семантического конструирования предполагает, что при синтезе конструкции «основной операцией является сопоставление конструкторскому имени n , обозначающему некоторый объект, набора свойств и особенностей. Носителем свойств и особенностей является конструкторское понятие» [3]. Объем используемых конструкторских понятий определяет общность построенных на этой основе конструкторских теорий.

Принципы, общие правила и методика конструирования рассмотрены в [4]. В ней, с одной стороны, даны самые общие положения теории конструирования, а с другой, приведено множество примеров конструктивных решений из разных отраслей машиностроения. Однако, не раскрыта сущность процесса «придумывания» конструкции. Не показано как решается главная задача конструктора [5] — «придумать» конструкцию.

По мнению автора данной работы, «придумывание» конструкции осуществляется с помощью трех основных инструментов: матриц подвижностей, узлов сопряжения и моделей промежутков между составными частями изделия. Они являются самыми общими понятиями, отражающими то что присуще любым конструкциям. Эти инструменты позволят приблизиться к решению задачи формализации процесса конструирования.

Результаты

Выбор принципа действия механизма

В качестве иллюстрации процесса конструирования решим задачу разработки механизма, преобразующего винтовое движение в винтовое. Его структурная схема показана на рис. 2.1. СЧ его далее называем звеньями.

Кинематические характеристики зададим требуемым поступательным перемещением второго звена $S_2 = H$, а также передаточным отношением в

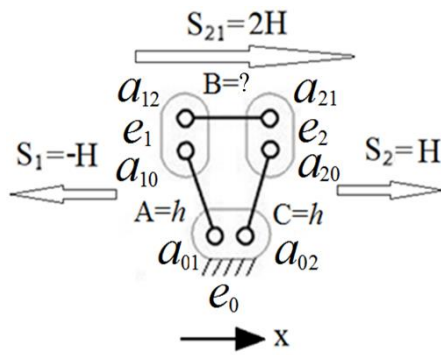


Рис. 2.1

виде описания составляющих
 вращательного $u_\varphi = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = 2$ и
 поступательного движения $u_S = \frac{S_1}{S_2} = -1$.

Для определения принципа действия механизма обратимся к таблице 1.3 из статьи «Конструирование изделий машиностроения. Часть 1. Определение принципа действия». Механизм, преобразующий винтовое движение в винтовое, должен иметь, как минимум, две винтовые

кинематические пары, образованные стойкой. В соответствии с таблицей винтовое движение в винтовое преобразуют механизмы под номерами 1, 2 и 4. С учетом выражений, приведенных в таблице 1.3, получим уравнения, позволяющие определить требуемые параметры резьбы звеньев винтовых пар. Для механизма под номером 1 с тремя винтовыми парами:

$$u_\varphi = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{(h_C - h_B)}{(h_A - h_B)} = 2, \quad u_S = \frac{S_1}{S_2} = \frac{h_A (h_C - h_B)}{h_C (h_A - h_B)} = -1. \quad (2.1)$$

Из (2.1) найдем соотношение шагов винтовых пар B и C с A : $h_C = -2h_A$, $h_B = 4h_A$. Таким образом, получаем следующие исходные данные для конструирования: $S_{10} = -H$, $S_{20} = H$, $h_B = 4h_A$, $h_C = -2h_A$, w — длина ГЭ вида hs , которая совпадает с длиной сформировавшего его узла сопряжения. Длина w ГЭ и шаг резьбы h_A выбираются из условия прочности. Относительное перемещение звеньев 1 и 2 механизма:

$$S_{21} = S_{20} - S_{10} = H - (-H) = 2H. \quad (2.2)$$

С помощью остальных двух механизмов обеспечить заданные кинематические свойства невозможно. Поэтому конструируем изделие звенья которого содержит по два резьбовых геометрических элемента (ГЭ).

Конструкции винтовых механизмов зависят от конструкций их звеньев, поэтому сначала рассмотрим возможные конструкции двупарных звеньев, которые в них используются. Варианты звеньев зависят от примененных кинематических пар и исполнений их ГЭ. Виды применяемых кинематических пар: $\{h, p, r\}$. Исполнения их ГЭ: $\{hs, -hs, hl, -hl, ps, -ps, pl, -pl, rs, -rs\}$, где l (длинное), s (короткое) исполнения ГЭ. Шаги и направление резьбы не учитываем, поэтому, например, звено, имеющее *внешнюю* правую резьбу с шагом 2 (ГЭ $-hl$) и *внутреннюю* правую резьбу с шагом 4 мм (ГЭ hs), считаем эквивалентным звену,

имеющему *внешнюю* левую резьбу с шагом 10 (ГЭ $-hl$) и *внутреннюю* правую резьбу с шагом 5 мм (ГЭ hs).

Возможные варианты двупарных звеньев, обусловленные видами кинематических пар и исполнениями (охватывающее или охватываемое, а также l или s) их ГЭ, приведены в таблице 2.1. При ее заполнении принято, что двупарные звенья, отличающиеся только перестановкой ГЭ, идентичны, например, $(hs, hl) = (hl, hs)$ или $(-hs, hl) = (hl, -hs)$.

Таким образом учет вариантов исполнений ГЭ приводит к появлению 42 вариантов двупарных звеньев трехзвенных винтовых механизмов. Если при оценке разнообразия конструкций звеньев учитывать два варианта относительного расположения ГЭ на составной части и соотношения вида $D_{ij} > D_{ik}$ и $D_{ij} < D_{ik}$ их основных геометрических параметров, то, например, возможное разнообразие двупарных звеньев с двумя резьбовыми ГЭ, увеличится с 10 (таблица 2.1) до 32 (рис. 2.2).

1_1 	1_2 	1_2' 	1_3
1_4 	1_4' 	1_5 	1_5'
1_6 	1_6' 	1_7 	1_7'
1_8 	1_9 	1_9' 	1_10

Рис. 2.2

Таблица 2.1. Варианты звеньев механизмов, определяемые исполнениями их ГЭ

Исполнения звена			Исполнения звеньев		
Обозначение звена	Кинематическая пара H_{i1}	Кинематическая пара H_{i2}	Обозначение звена	Кинематическая пара H_{i1}	Кинематическая пара H_{i2}
1	h	h	3	h	r
	+	+		+	+
1_1	hs	hs	3_1	hs	rs
1_2	hs	hl	3_2	hl	rs
1_3	hl	hl		+	-
	+	-	3_3	hs	$-rs$
1_4	hs	$-hs$	3_4	hl	$-rs$
1_5	hl	$-hs$		-	+
1_6	hs	$-hl$	3_5	$-hs$	rs
1_7	hl	$-hl$	3_6	$-hl$	rs
	-	-		-	-
1_8	$-hs$	$-hs$	3_7	$-hs$	$-rs$
1_9	$-hs$	$-hl$	3_8	$-hl$	$-rs$
1_10	$-hl$	$-hl$	4	p	r
2	h	p		+	+
	+	+	4_1	ps	rs
2_1	hs	ps	4_2	pl	rs
2_2	hs	pl		+	-
2_3	hl	ps	4_3	ps	$-rs$
2_4	hl	pl	4_4	pl	$-rs$
	+	-		-	+
2_5	hs	$-ps$	4_5	$-ps$	rs
2_6	hl	$-ps$	4_6	$-pl$	rs
2_7	hs	$-pl$		-	-
2_8	hl	$-pl$	4_7	$-ps$	$-rs$
	-	+	4_8	$-pl$	$-rs$
2_9	$-hs$	ps			
2_10	$-hl$	ps			
2_11	$-hs$	pl			
2_12	$-hl$	pl			
	-	-			
2_13	$-hs$	$-ps$			
2_14	$-hs$	$-pl$			
2_15	$-hl$	$-ps$			
2_16	$-hl$	$-pl$			

В таблице 2.2 показаны возможные соединения ГЭ, обеспечивающие требуемое функционирование механизма. В ней единицы показывают соединения вида: $\{hs, -hl\}$, $\{-hs, hl\}$, $\{hl, -hl\}$. Пара ГЭ $\{hs, -hs\}$ может

быть соединена, но не обеспечивает требуемое перемещение звеньев. Им в таблице 2.2 соответствуют ноли. Это же относится и к ГЭ поступательных кинематических пар.

Таблица 2.2

ГЭ		<i>hs</i>	<i>-hs</i>	<i>hl</i>	<i>-hl</i>	<i>ps</i>	<i>-ps</i>	<i>pl</i>	<i>-pl</i>	<i>rs</i>	<i>-rs</i>
ГЭ	Узлы	1	-1	1	-1	2	-2	2	-2	3	-3
<i>hs</i>	1	0	0	0	1						
<i>-hs</i>	-1	0	0	1	0						
<i>hl</i>	1	0	1	0	1						
<i>-hl</i>	-1	1	0	1	0						
<i>ps</i>	2					0	0	0	1		
<i>-ps</i>	-2					0	0	1	0		
<i>pl</i>	2					0	1	0	1		
<i>-pl</i>	-2					1	0	1	0		
<i>rs</i>	3									0	1
<i>-rs</i>	-3									1	0

Разработка конструкции

Для определения возможных вариантов пар подвижных звеньев проектируемого механизма сформируем матрицу смежности их ГЭ по типу таблицы 2.2. Единицы матрицы показывают звенья и их ГЭ, образующие винтовую пару *B* механизма. Матрица смежности ГЭ приведена на рис. 2.3.

Варианты звеньев			1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		e ₂		
			ГЭ		hs	hs	hs	hl	hl	hl	hs	-hs	hl	-hs	hs	-hl	hl	-hl	-hs	-hs	-hs	-hl		-hl	-hl
			Узлы	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1		-1	-1
1	hs	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	4		
	hs	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	hs	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	4		
	hl	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	8		
3	hl	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	8		
	hl	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	hs	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	4		
	-hs	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2		
5	hl	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	7		
	-hs	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
6	hs	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	4		
	-hl	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
7	hl	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	5		
	-hl	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	-hs	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	-hs	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	-hs	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	-hl	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	-hl	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	-hl	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
e ₁																						Сум.	48		

Рис. 2.3

В проектируемом механизме, применяются только винтовые кинематические пары, поэтому из таблицы 2.1 использованы исполнения 650

двупарных звеньев под номерами 1_1 – 1_10 (далее на рис. 2.2 и в табл. 2.3 просто 1 – 10). В матрице смежности не учитываются соединения вида (hs ; $-hs$). Кроме того, учитывается только половина единиц, соответствующих звеньям 1, 3, 8 и 10 поскольку у каждого из них оба ГЭ одинаковы. Например, для строк звена 1 все возможные единицы второй строки заменены нулями. Для соединения вида (hs ; $-hl$) звеньев 1 и 10 вторая единица первой строки также заменена нулем. В результате суммарное количество пар, соединяемых ГЭ звеньев, будет равно 48, а общая сумма единиц равна 96.

Формируем таблицу 2.3 возможных вариантов исполнений звеньев механизма. Сначала на основе данных, расположенных выше главной диагонали матрицы смежности ГЭ (рис. 2.3), заполняем столбцы, показывающие исполнения геометрических элементов подвижных звеньев e_1 и e_2 . Каждая единица матрицы показывает пару подвижных звеньев, которые соединяются своими ГЭ, образуя винтовую пару B . Будем считать, что в качестве звена e_1 используется звено, номер которого соответствует строкам матрицы смежности, а звено, номер которого соответствует столбцам является звеном e_2 (по рис. 2.1). Исполнения ГЭ, соответствующие единицам в ячейках матрицы, заносятся в два столбца таблицы 2.3, относящиеся к кинематической паре B . ГЭ, обозначающий строку матрицы смежности, заносится в столбец таблицы, обозначенный a_{12} . ГЭ, обозначающий столбец матрицы, заносится в столбец a_{21} . Количество строк таблицы 2.3, содержащих один и тот же ГЭ, размещенный в столбце a_{12} , равно числу единиц, расположенных в соответствующей ему строке матрицы смежности. Столбец a_{10} заполняется обозначением ГЭ, приведенным в строке матрицы смежности для рассматриваемого звена, не использованным для заполнения столбца a_{12} таблицы. Столбец a_{20} заполняется обозначением ГЭ, приведенным в столбце матрицы смежности для рассматриваемого звена, не использованным для заполнения столбца a_{21} . ГЭ, выбранные в соответствии с данными матрицы смежности (рис. 2.3), в таблице 2.3 выделены цветом. В столбцах a_{10} и a_{21} таблицы 2.3 перед обозначениями ГЭ расположены номера звеньев, которым они принадлежат.

Используя таблицу 2.2 заполняем столбцы, относящиеся к узлам сопряжения a_{01} и a_{02} звена 0. Они образуют кинематические пары с звеньями 1 и 2. Например, в строке 1 таблицы 2.3 для a_{10} используется ГЭ вида hs . По таблице 2.2 находим, что ГЭ такого вида соединяется с ГЭ вида $-hl$ (им соответствует ячейка с единицей). Обозначение последнего заносим в ячейку строки 1 расположенную в столбце a_{01} .

С точки зрения изготовления внутренняя резьба является наиболее сложным элементом винтовой кинематической пары. Изготовление внутренней резьбы большой протяженности hl еще сложнее. Поэтому первое

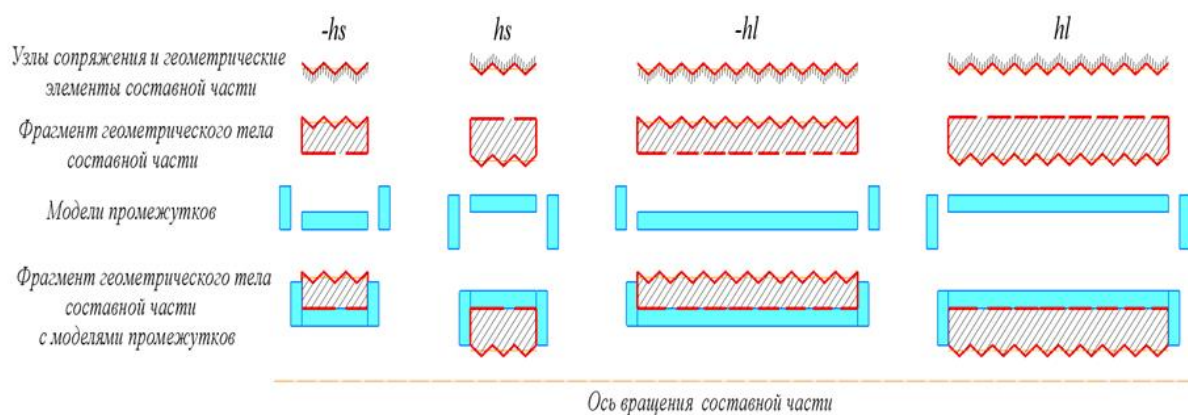
требование к вариантам наборов звеньев конструируемого механизма - внутренняя резьба имеет минимальную длину. Охватывающее конструктивное исполнение ее ГЭ вида hs используется во всех трех винтовых кинематических парах. Таких наборов звеньев всего четыре в строках с номерами 1, 4, 39 и 42. Для них выделены цветом все ячейки соответствующих строк. Второе требование к конструкции данного механизма - на стойке e_0 не должно быть ГЭ с охватываемым исполнением. Этому ограничению соответствует один набор звеньев с номером 42. В итоге получаем для проектируемого механизма звенья с исполнениями ГЭ: $e_0 = \sigma_0^0(hs, hs)$, $e_1 = \sigma_1^0(-hl, hs)$, $e_2 = \sigma_2^0(-hl, -hl)$.

Таблица 2.3. Варианты исполнений ГЭ звеньев в механизме

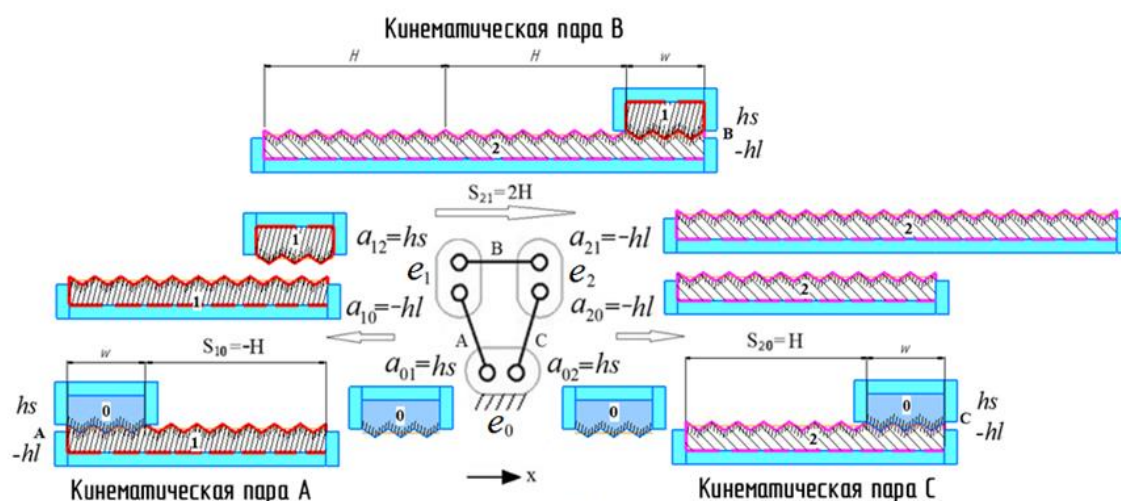
№ п/п	Звено 0 (e_0)		Звено 1 (e_1)		Звено 2 (e_2)		Звено 0 (e_0)	
	Кинем. пара A		Кинем. пара B		Кинемат. пара C			
	a_{02}	a_{01}	a_{10}	a_{12}	a_{21}	a_{20}	a_{02}	a_{01}
1		$-hl$	1 hs	hs	6 $-hl$	hs	$-hl$	
2		$-hl$	1 hs	hs	7 $-hl$	hl	$-hs \vee -hl$	
3		$-hl$	1 hs	hs	9 $-hl$	$-hs$	hl	
4		$-hl$	1 hs	hs	10 $-hl$	$-hl$	hs	
5		$-hs \vee -hl$	2 hl	hs	6 $-hl$	hs	$-hl$	
...		...	...	...	...	...	...	
28		hl	4 $-hs$	hs	10 $-hl$	$-hl$	$hs \vee hl$	
...		...	...	...	...	...	...	
39		hs	6 $-hl$	hs	6 $-hl$	hs	$-hl$	
40		$hs \vee hl$	6 $-hl$	hs	7 $-hl$	hl	$-hs \vee -hl$	
41		$hs \vee hl$	6 $-hl$	hs	9 $-hl$	$-hs$	hl	
42		hs	6 $-hl$	hs	10 $-hl$	$-hl$	hs	
43		$-hl$	6 hs	$-hl$	7 hl	$-hl$	$hs \vee hl$	
...		...	...	...	...	...	...	
48		$hs \vee hl$	7 $-hl$	hl	10 $-hl$	$-hl$	$hs \vee hl$	

Пусть имеются модели ГЭ, фрагментов геометрических тел винтовых звеньев и промежутков между ними (рис. 2.4, а). Первое, что необходимо сделать – откорректировать эти модели по размерам для соответствия действующим силам и перемещениям звеньев: размер w для ГЭ $\{hs, -hs\}$, толщина фрагментов геометрических тел и величина промежутков, длина ГЭ вида $\{hl, -hl\}$. На рис. 2.4, б показаны: структурная схема механизма, откорректированные модели фрагментов геометрических тел звеньев и образованные ими кинематические пары, с размерами, обеспечивающими требуемые кинематические возможности механизма. Оба фрагмента

геометрического тела одного звена имеют одинаковую штриховку (заливку), позволяющую отнести его к соответствующему звену. Их штриховка отличается от штриховки фрагментов остальных звеньев.



а)



б)

Рис. 2.4.

Определяем варианты конструкции механизма.

Первый шаг - объединение двух фрагментов геометрического тела звена в единое целое. Начинать можно с фрагментов любого из трех звеньев. На рис. 2.5 приведен пример объединения фрагментов стойки e_0 , образующих кинематические пары А и С. ГЭ звена $e_0 = \sigma_0^0(hs, hs)$. Для каждой кинематической пары показано направление относительного движения одного из образующих ее звеньев. Варианты размещения ГЭ на звене представлены в ячейке 1.1 на рис. 2.2. Три возможных конструкции звена e_0 (их безусловно больше) приведены в левой части рис. 2.5. После объединения фрагментов звена e_0 связанные с ним звенья должны иметь возможность перемещаться в требуемых направлениях на необходимое расстояние. Габаритные размеры конструкции должны быть минимальными. Удаляются модели промежуток

фрагментов стойки, попавшие внутрь контура (показан штриховой линией основной толщины) формируемого звена e_0 . На рис. 2.5, как и на рис. 2.4, показаны фрагменты звеньев, расположенные выше оси вращения.

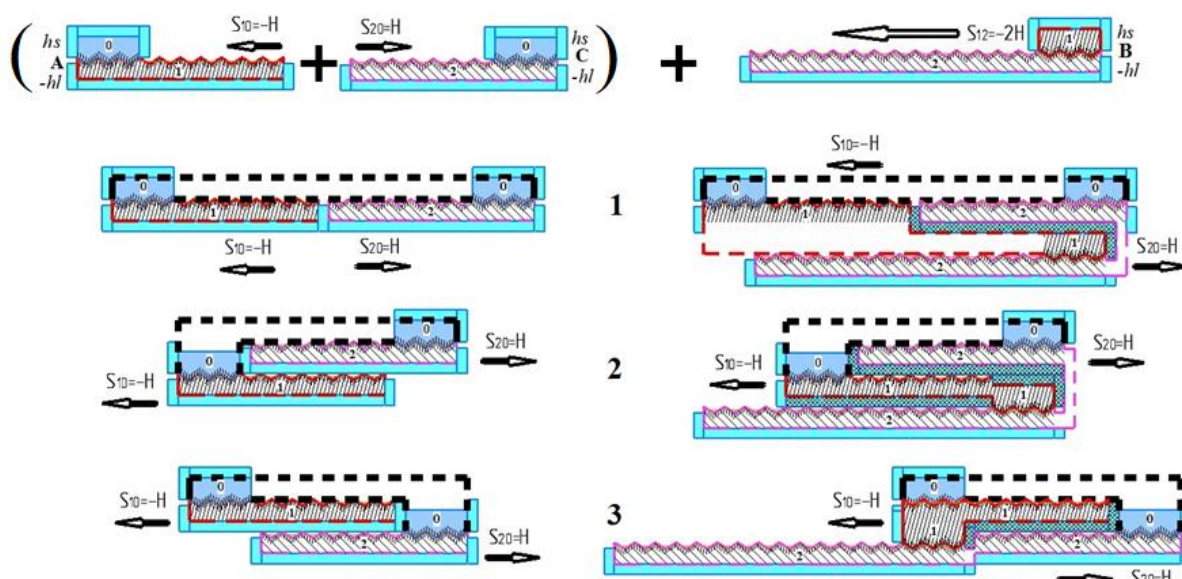


Рис. 2.5

Второй шаг добавление к полученной конструкции тех фрагментов, которые образуют третью кинематическую пару B . После добавления указанных фрагментов подвижные звенья механизма должны иметь возможность перемещаться в требуемых направлениях на заданные расстояния, а габаритные размеры механизма должны быть минимально возможными. Три варианта конструкции механизма расположены в правой части рисунка. Если повторить те же действия, но начать с объединения звена 1, то будут получены несколько вариантов конструкции, некоторые из которых являются повторением конструкций 2 и 3 на рис. 2.5.

Возможен более наглядный способ перебора вариантов. Для этого в моделях кинематических пар, образованных звеном e_0 , подвижные звенья разместим в двух крайних положениях (рис. 2.6). Ищем наиболее компактную конструкцию. Расположение ГЭ рядом значительно увеличивает длину механизма. Поэтому сразу переходим к второму варианту. Он оказывается наиболее удачным. На рис. 2.6 последовательно показан процесс формирования звеньев.

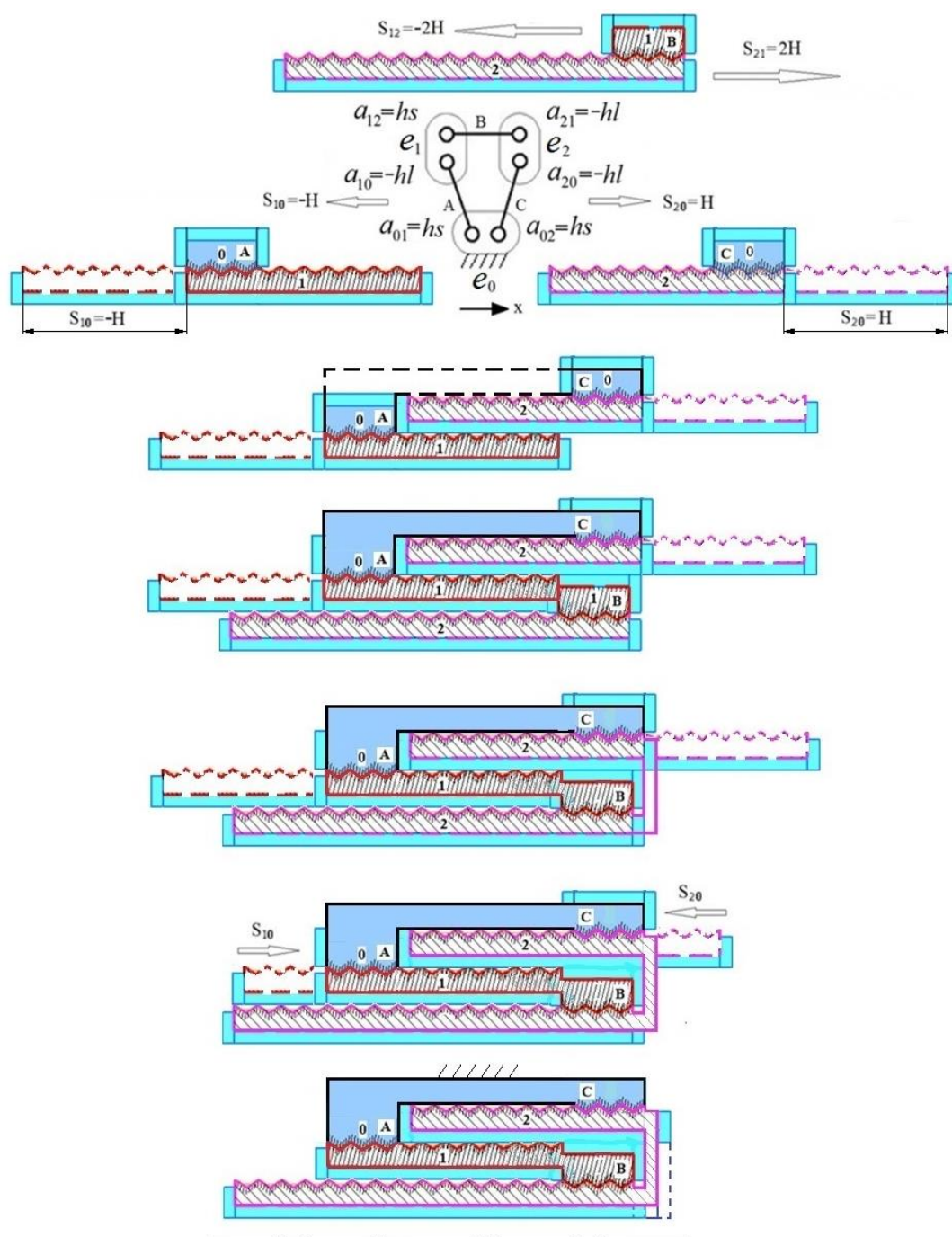


Рис. 2.6

На рис. 2.7 подробно показан процесс формирования промежутков подвижных звеньев из промежутков фрагментов их геометрических тел. На рис. 2.8 приведены конструктивные схемы и структурные модели составных частей механизма, включающих звенья и их промежутки. Последние представлены как квази-СЧ со своими узлами сопряжения, которыми они «взаимодействуют» со звеньями и между собой. Промежутки обозначены

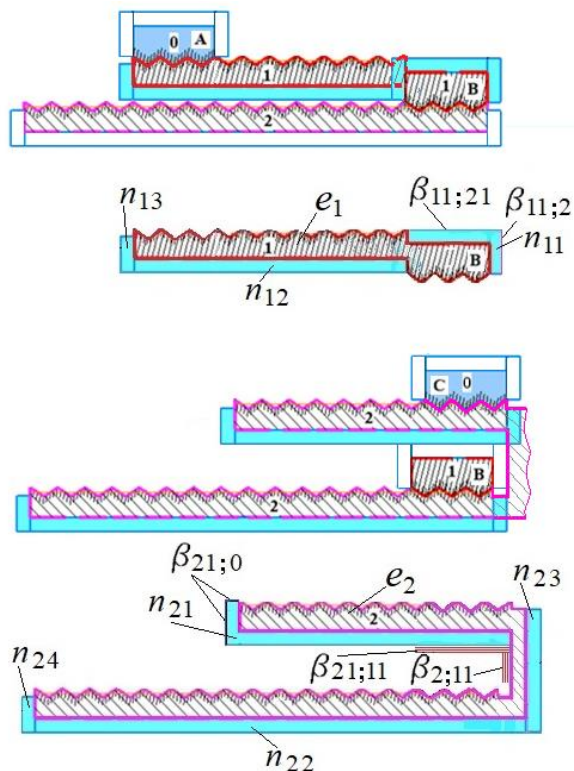


Рис. 2.7

n_{ij} , где i – номер СЧ, которой принадлежит данный промежуток; j – номер промежутка СЧ в составе ее промежутков. Узлы сопряжения промежутков это квази-узлы сопряжения. Но поскольку модели промежутков являются геометрическими телами, то и их узлы сопряжения – это тоже совокупности реальных геометрических объектов.

Узлы сопряжения СЧ, взаимодействующие с промежутками, и узлы самих промежутков обозначены $\beta_{u;k}$, где u – номер СЧ или модели промежутка, которой принадлежит данный узел; k – номер СЧ или модели промежутка, с которой сопрягается узел, или номер узла в составе узлов модели

промежутка, которой он принадлежит. В таблице 2.4 представлены СЧ, промежутки и их узлы сопряжения. Цветом выделены пары взаимодействующих узлов сопряжения вида $\beta_{u;k} - \beta_{k;u}$.

Таблица 2.4. СЧ их промежутки и узлы сопряжения

e_0	e_1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	e_2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{24}
a_{01}	a_{10}								
	a_{12}				a_{21}				
a_{02}	$\beta_{1;11}$	$\beta_{11;1}$			a_{20}				
$\beta_{0;21}$	$\beta_{1;12}$	$\beta_{11;2}$	$\beta_{12;1}$		$\beta_{2;11}$	$\beta_{21;0}$	$\beta_{22;23}$	$\beta_{23;22}$	
	$\beta_{1;13}$	$\beta_{11;21}$		$\beta_{13;1}$		$\beta_{21;11}$	$\beta_{22;24}$		$\beta_{24;22}$
			$\beta_{12;13}$	$\beta_{13;12}$	$\beta_{2;21}$	$\beta_{21;2}$			
					$\beta_{2;22}$		$\beta_{22;2}$		
					$\beta_{2;23}$			$\beta_{23;2}$	
					$\beta_{2;24}$				$\beta_{24;2}$

Если вместо номера k указана звездочка «*» – это значит, что данный фрагмент промежутка не используется в качестве узла сопряжения для

Примем в качестве основной конструктивную схему 2, приведенную на рис. 2.5, рис. 2.6 и рис. 2.8. На рис. 2.9 приведены результаты формирования конструкции по схеме 2 и конструкция механизма с вариантами звеньев $e_0 = \sigma_0^0(hl, hl)$, $e_0 = \sigma_0^0(hs, hl)$, $e_1 = \sigma_1^0(-hl, -hl)$, $e_2 = \sigma_2^0(-hs, hs)$ по схеме, приведенной в [6]. Она формируется из тех же фрагментов геометрических тел звеньев с теми же размерами, что и конструкции на рис. 2.5. Такой вариант набора звеньев приведен в таблице 2.3 под номером 28. Первое звено в таблице 2.3 соответствует второму звену на рис. 2.9, а второе

звено в таблице - первому в звене на рисунке. При одинаковых кинематических свойствах конструкции существенно отличаются.

Обсуждение и выводы

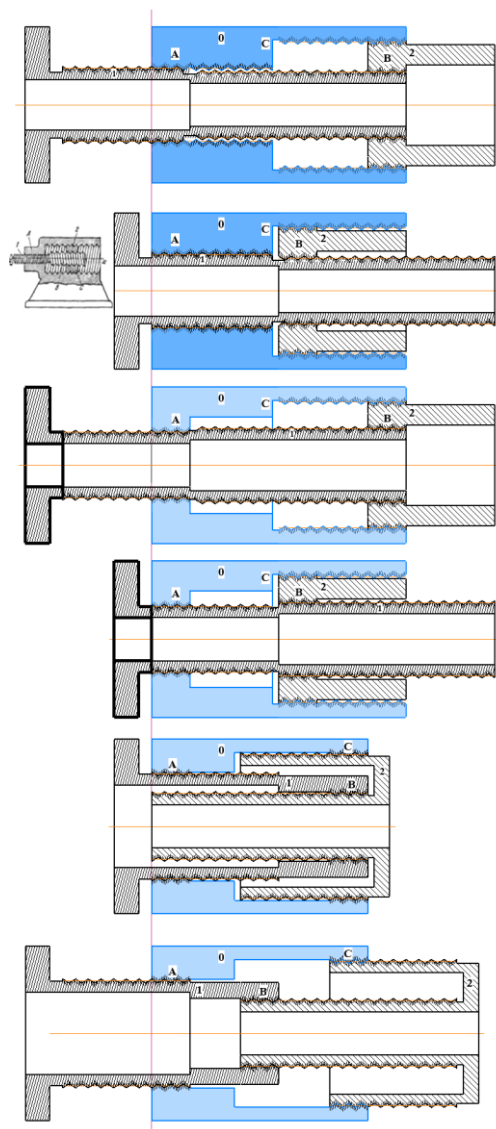


Рис. 2.9

Решив задачу конструирования изделия, мы получаем модель, описывающую его геометрическую форму и размеры. Распространив понятие *узел сопряжения* на сформированную конструкцию можно построить ее структурную модель, считая ее компонентами отдельные поверхности (см. рис. 2 в [7]). Узлами сопряжения таких компонентов являются чисто геометрические объекты - линии, которые образуются при пересечении поверхностей. Структурные модели данного типа являются моделями второго уровня по сравнению с моделями первого уровня, в которых узлы сопряжения являются не только геометрическими, но и физическими объектами, передающими потоки энергии, вещества и сигналов. Имея модели второго уровня можно перейти к моделям первого уровня, в которых узлы сопряжения (ГЭ) определяются не с точки зрения решения конструкторских задач, а для других целей, например, технологических. В последнем случае это будут «модули поверхностей» [8].

Конструктивный вид полученного винтового механизма (рис. 2.8 – рис. 2.9) показывает, что ГЭ и промежутки

полностью определяют основную геометрию конструкций деталей, которая должна уточняться путем учета технологии изготовления и сборки.

1. Совокупность геометрических элементов – главная составляющая конструкции изделия. Узлы сопряжения (ГЭ) могут быть учтены в структурных моделях на любом уровне разукрупнения проектируемого, изготавливаемого, находящегося в эксплуатации или изучаемого объекта: от системы, рассматриваемой как черный ящик, до наличия полной геометрии.

2. Основное назначение моделей промежутков между СЧ - формирование фрагментов конструкции, которые не могут быть определены узлами сопряжения СЧ. Поверхности и их фрагменты моделей промежутков могут использоваться как квази-узлы сопряжения для формирования узлов сопряжения разделяемых ими СЧ.

3. Являясь самыми общими понятиями, отражающими то, что присуще любым конструкциям, предлагаемые инструменты конструирования, по мнению автора, позволят приблизиться к решению задачи формализации процесса «придумывания» конструкции. На рис. 2.9 приведены три варианта конструкции винтовых механизмов с одинаковыми кинематическими характеристиками. Два верхних выполнены по схеме, приведенной в [6]. Схема изображена на рисунке. Конструкция третьего механизма «придумана» с нуля с помощью предложенных инструментов. Процесс «придумывания» приведен в материалах статьи.

4. «Творческому» подходу к формированию фрагментов СЧ и компоновке вариантов конструкций из фрагментов может быть «обучен ИИ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Лось Л.В. Теория структуры конструкций технологических машин и приборов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Харьков, 1992.
- [2] Барков И.А. Моделирование конструкторской семантики в интеллектуальных САПР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Ижевск, 2007.
- [3] Барков И.А. Формальная система свойств и особенностей изделия // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2007. №4(36). С.3-9.
- [4] Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн.1/ Под ред. П.Н. Учаева. – Изд. 3-е, испр. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.: ил.
- [5] Бобков Н.М. О конструкторской терминологии национальных стандартов // Стандарты и качество. 2012. №9. С. 48-52.
- [6] Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике: Справочное пособие. В 7 томах. Т.III. Рычажно-кулачковые, ... – 2-е изд., переработанное. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 416 с.
- [7] Третьяков В.М. Использование понятия «узел сопряжения» при конструировании изделий машиностроения // Вестник машиностроения, - 2010. №12. С.24 - 30.
- [8] Базров Б. М. Структура машиностроительного изделия // Научно-технические технологии в машиностроении. 2024. №. 7. С. 43-48. DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2024-43-48> (дата обращения: 17.01.2025).

ENGINEERING PRODUCT DESIGN. PART 2. CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE

V.A. Degtyarev Kovrov State Technological Academy, Russia

Abstract

To solve the design problems, three tools are offered: mobility matrices, coupling nodes and gaps between the components of the product. According to the author, these tools will allow us to formalize the solution of some tasks of the design process. The application of the proposed tools is illustrated by the example of the design development of three-link screw mechanisms.

Keywords: construction, coupling node, structural model, geometric element, fragment of the geometric body of the component, model of the gap between the components.

REFERENCES

- [1] Los' L.V. Teoriya struktury konstrukcij tekhnologicheskikh mashin i priborov. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Khar'kov, 1992.
- [2] Barkov I.A. Modelirovanie konstruktorskoj semantiki v intellektual'nykh SAPR. Avtreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Izhevsk, 2007.
- [3] Barkov I.A. Formal'naya sistema svoystv i osobennostej izdeliya // Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2007. №4(36). S.3-9.
- [4] Orlov P.I. Osnovy konstruirovaniya: Spravochno-metodicheskoe posobie. V 2-kh kn. Kn.1/ Pod red. P.N. Uchaeva. – Izd. 3-e, ispr. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 560 s.: il.
- [5] Bobkov N.M. O konstruktorskoj terminologii nacional'nykh standartov // Standarty i kachestvo. 2012. №9. S. 48-52.
- [6] Artobolevskij I.I. Mekhanizmy v sovremennoj tekhnike: Spravochnoe posobie. V 7 tomakh. T.III. Rychazhno-kulachkovye, ... – 2-e izd., pererabotannoe. – M.: Nauka. Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury, 1979.– 416 s.
- [7] 25. Tret'yakov V.M. Ispol'zovanie ponyatiya «uzel sopryazheniya» pri konstruirovanii izdelij mashinostroeniya // Vestnik v mashinostroeniya, - 2010. №12. S.24 - 30.
- [8] Bazrov B. M. Struktura mashinostroitel'nogo izdeliya // Naukoyomkie tekhnologii v mashinostroenii. 2024. №. 7. S. 43-48. DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2024-43-48> (data obrashcheniya: 17.01.2025).