

2. Грэхем, Иан. Объектно-ориентированные методы. Принципы и практика. 3-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом Вильямс, 2004. – 880 с.
3. Большая советская энциклопедия. (В 30 томах) Гл. ред. А.М.Прохоров., изд. 3-е, Т 25, М.: Струнино – Тихорецк, 1976, 600 с.
4. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов. СибГГМА, Новокузнецк, 1994. – 102 с.
5. Степанов А.В. Решение универсальной структурной системы проф. Л.Т.Дворникова. Вестник КузГТУ № 3-'07, 2007, с. 43-47

□ Автор статьи:

Степанов

Александр Васильевич,
-канд.техн.наук, доц., зав каф.. при-
кладной информатики (Сибирский
государственный индустриальный
университет, г. Новокузнецк)

УДК 681.3: 621.01

А.В. Степанов

О ПОРЯДКЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ СИНТЕЗЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ

В работе [1] была описана объектно-ориентированная технология синтеза структурных схем плоских рычажных механизмов. Разработка программного обеспечения для реализации этой технологии должна начинаться с четкого определения порядка применения вспомогательных переменных, а также параметров, которыми характеризуется любой вариант структурной схемы.

Ведущими параметрами, необходимыми для синтеза структур, являются: общее количество звеньев и сложность применяемого τ – угольника. Задавая указанные параметры, получают номенклатуру и числа виртуальных звеньев необходимых для создания множества вариантов структур кинематических цепей.

Поскольку имеющиеся в наличии звенья можно соединить между собой различным образом, получается множество вариантов структур, несмотря на то, что прародителем этого множества является всего-навсего одно звено - τ – угольник. Если множество структурных схем изобразить в виде графа, то получим корневое ориентированное дерево, так как существует единственная вершина v_0 такая, что $\text{indeg}(v_0) = 0$, и существует путь из v_0 в каждую другую вершину дерева [2]. Вид такого дерева показан на рис. 1. Правда, для представления графа в виде дерева он должен быть повернут на 180° .

Каждая из геометрических фигур, изображенных в виде овалов, представляет собой подмножество вариантов, объединенных каким-то общим признаком. От корня графа берут начало два смежных ребра, заканчивающиеся вершинами. Одна из вершин представляет собой множество вариантов структурных схем, не содержащих изменяемых замкнутых контуров, другая – множество структурных схем, содержащих в своем составе то или иное количество контуров.

Из-за отсутствия соответствующих графических возможностей, ориентированное дерево разбито на части – этажи. На рисунке 1 представлен один этаж этого дерева, содержащий множество вариантов одноконтурных схем, распадающееся на подмножества, отличающиеся сложностью применяемого контура, которые, в свою очередь, распадаются на подмножества, отличающиеся вариантом его реализации.

Левые стрелки в нижней части рисунка показывают, что каждый из одноконтурных фрагментов структурных схем порождает подмножество вариантов развития структурной схемы, каждый из которых является основой для синтеза менее мощного множества вариантов, отличающихся способом размещения оставшихся в наличии поводков между свободными кинематическими параметрами.

Если из заданного количества звеньев могут быть созданы структурные схемы с двумя контурами, то каждая правая стрелка является основой для пристраивания еще одного этажа дерева, представляющего собой набор множеств, выделенных штриховой линией. Максимально возможное количество применяемых замкнутых контуров определяет количество “этажей” представленной древовидной структуры.

Получение одного единственного варианта структуры кинематической цепи эквивалентно прохождению пути от корня графа по смежным ребрам к последней из вершин, представляющей собой полноценную структурную схему.

Очевидным является тот факт, что при формировании двухконтурных схем, необходимо вновь построить все варианты контуров, которые были сформированы для одноконтурных структур. При формировании структурных схем с тремя контурами необходимо вновь формировать фраг-

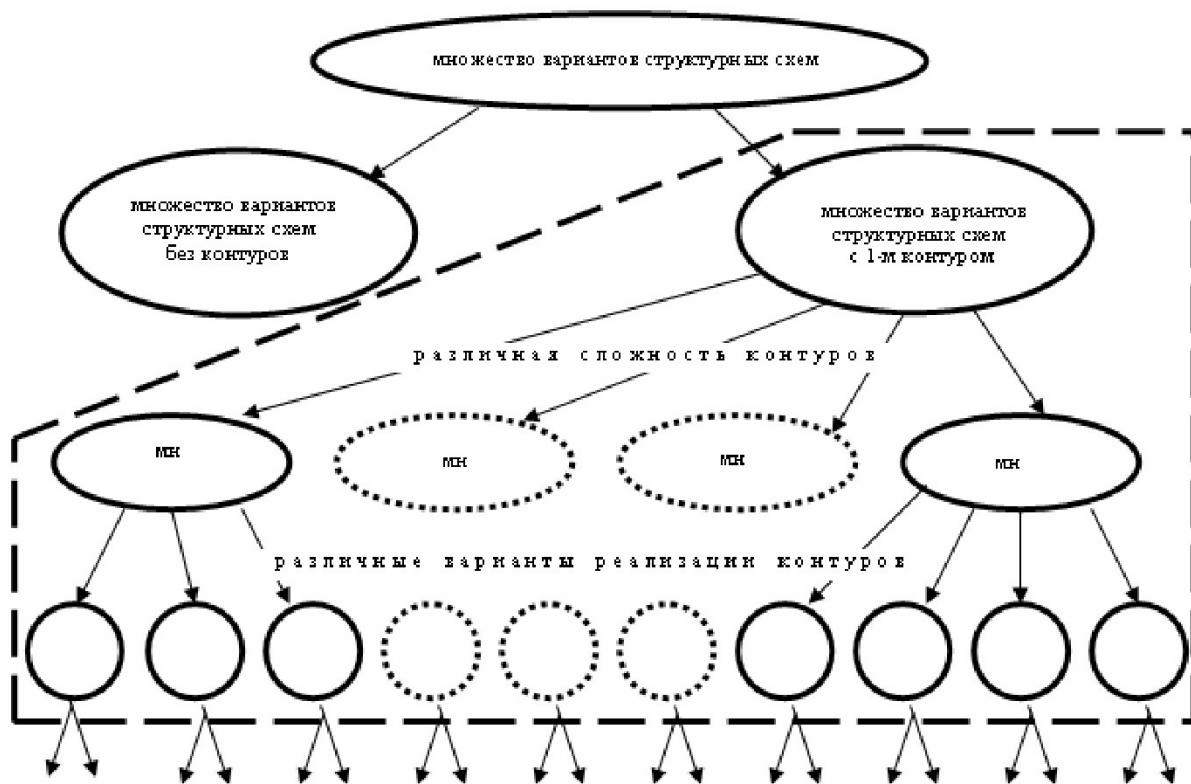


Рис. 1. Древовидная структура получения множества вариантов структурных схем

менты одиночных и двойных контуров и т. д.

Применяя другую аналогию, нельзя подняться на верхний этаж, не пройдя нижние.

Однако внимательное рассмотрение древовидной структуры приводит к мысли о том, что для большого количества вариантов структур пути совпадают на том или ином количестве участков и нет смысла их проходить многократно. При разработке технологии компьютерного синтеза структур этот факт имеет весьма существенное значение для сокращения вычислительных затрат. Есть глубокий смысл запомнить варианты множеств первого этажа для строительства второго и последующих вместо того, чтобы формировать эти множества заново. Приведенные здесь соображения перекликаются с идеями теории фреймов, родоначальником которой является профессор Массачусетского технологического института Мервин Минский.

Отправным моментом в теории фреймов служит тот факт, что человек, пытаясь познать новую для себя ситуацию или по-новому взглянуть на уже привычные вещи, выбирает из своей памяти некоторую структуру данных (образ), называемую фреймом, с таким расчетом, чтобы путем изменения в ней отдельных деталей сделать ее пригодной для понимания более широкого класса явлений или процессов [3].

На рис. 2 представлено пять вариантов структурных схем семизвездных кинематических цепей: 2a, 2b, 2c, 2d, 2e. В каждом из приведенных вариантов можно найти общий фрагмент,

обозначенный как 2f. Структура данных, соответствующая графическому фрагменту 2f является фреймом. Ясно, что таких структур может быть найдено значительно больше, чем одна.

Структура данных, представляющая собой графический образ, названная фреймом, представляет собой как бы моментальную фотографию сконструированного фрагмента структурной схемы и может быть использована многократно. Фреймы хранятся в специальной области оперативной памяти, называемой стековой областью. Её обслуживают две компьютерные процедуры, осуществляющие, соответственно, запись и чтение фреймов. Структура фрейма представлена в таблице.

Структура фрейма для сохранения образа многократно используемого фрагмента

сведения о звеньях, оставшихся в наличии
образы звеньев, образующих фрагмент цепи
сведения о сторонах фрагмента кинематической цепи
сведения о свободных кинематических парах

Первый параметр, необходимый для поиска полного множества вариантов структурных схем – это количество ветвей кинематической цепи. Оно

может быть получено по формуле(175), приведенной в [4]

$$\gamma = \tau + (\tau - 2)n_{\tau-1} + (\tau - 3)n_{\tau-2} + \dots + (i-1)n_i + \dots + n_2, \quad (1)$$

где $n_{\tau-1}, n_{\tau-2}, \dots, n_b, n_2$ – числа звеньев, привносящих в цепь количество пар, равное индексу звена;

τ – количество вершин самого сложного звена цепи.

Этот параметр используется для переключения между двумя смежными ребрами корня графа. Если количество выходов цепи и число ветвей совпадают, то работает ветвь, осуществляющая построение структурных схем без контуров.

При количестве выходов цепи менее числа ее ветвей структурная схема кинематической цепи не может быть построена без применения замкнутых изменяемых контуров. Число ветвей, а также число выходов цепи и число применяемых замкнутых контуров, необходимых для построения полноценной структурной схемы цепи связано зависимостью:

$$\alpha = \gamma - \delta, \quad (2)$$

где α – число замкнутых изменяемых контуров, γ – число ветвей цепи, δ – число выходов цепи.

Число выходов цепи является *вторым* применяемым параметром. Оно должно изменяться программно “сверху-вниз”, принимая последовательно значения от γ до двух, поскольку минимально допустимым количеством выходов δ , обеспечивающих работоспособность механизма, является $\delta=2$. Подставляя значение $\delta=2$ в формулу (2), получим максимальную сложность совокупности

контуров, которая определяет необходимое количество проходов в циклической части программы, при заданных значениях числа звеньев и сложности применяемого τ - угольника.

Далее, в соответствии с объектно-ориентированной технологией (OOT), описанной в [1], производится построение первого самого сложного звена цепи на некоторой виртуальной плоскости. Обращением к процедуре построения многоугольника, завершается первый этап реализации ООТ, поскольку сформирован фрагмент структурной схемы, имеющий стороны, к которым будут присоединяться группы связанных между собой звеньев.

Правая ветвь корневого ориентированного дерева соответствует множеству вариантов структурных схем, содержащих то или иное количество изменяемых замкнутых контуров. Мощность этого множества во много раз превышает мощность множества вариантов структурных схем без контуров.

Сложность планируемого контура характеризуется количеством его сторон.

Контур минимальной сложности имеет четыре стороны. Контур максимальной сложности может иметь, вкупе с уже имеющимися звеньями на сторонах фрагмента-предка, число сторон равное общему количеству звеньев.

С точки зрения программной реализации необходимо построить цикл, в котором параметр, соответствующий сложности контура, должен меняться от 4 до n , что позволит перебрать все возможные варианты сложности контуров, начи-

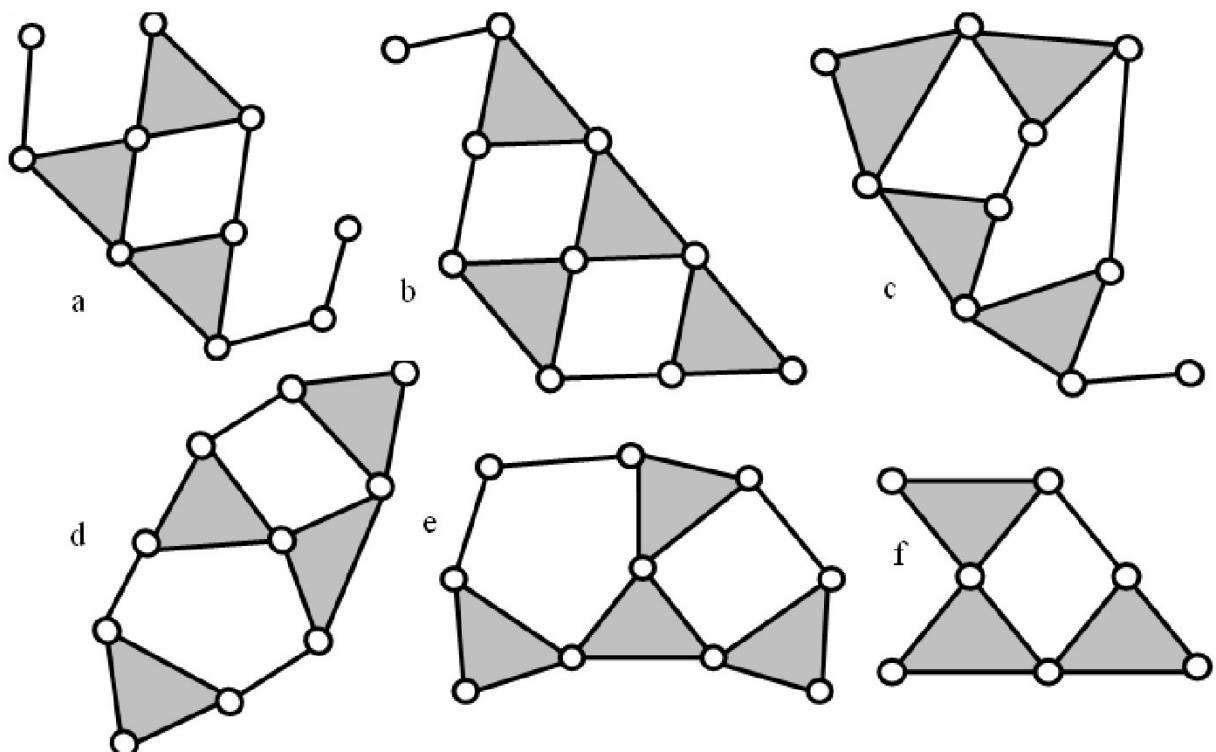
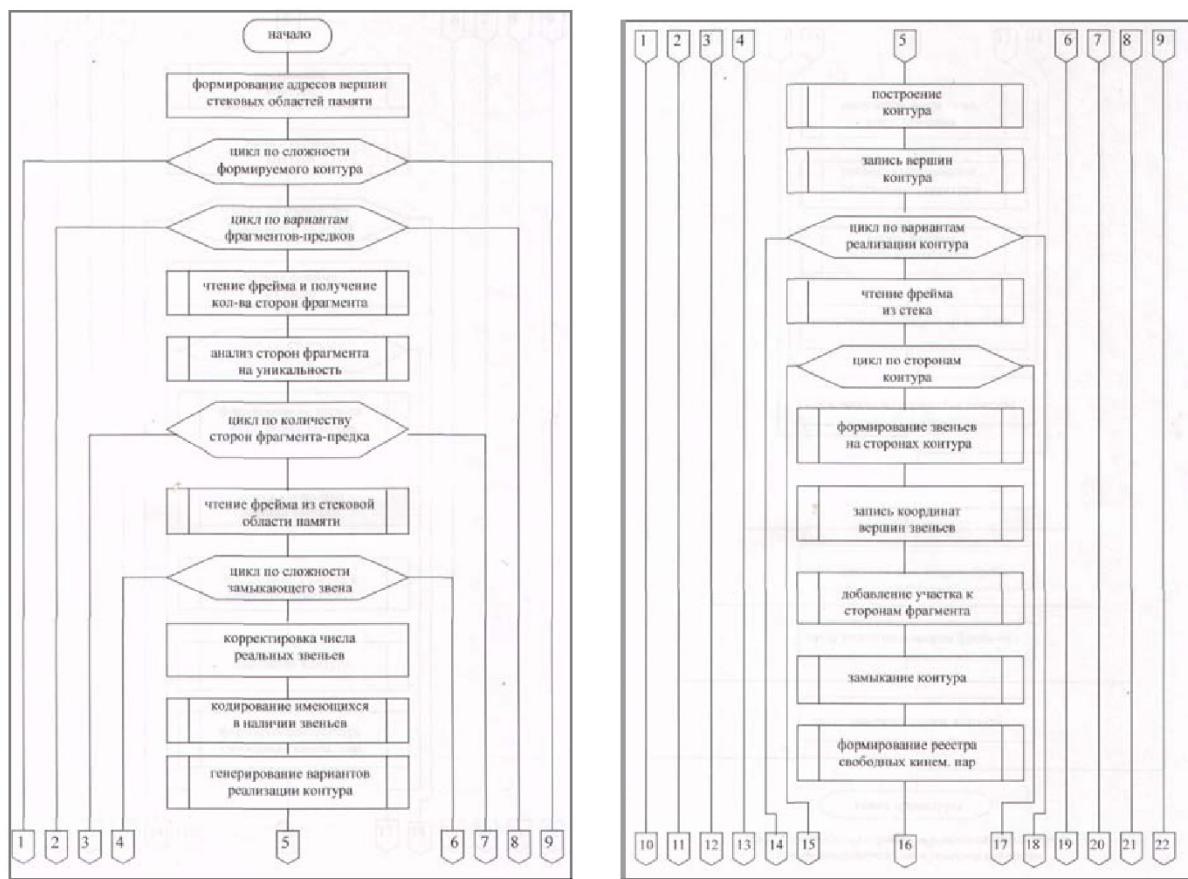


Рис.2. Семизвенные кинематические цепи и общий фрагмент



ная от самого простого - четырехугольного, до контура с количеством сторон равным общему количеству звеньев.

Таким образом, **трети́м** параметром, применяемым для синтеза полного многообразия структурных схем с изменяемыми замкнутыми контурами, является сложность формируемого контура.

Любой планируемый и программно формируемый контур присоединяется к одной из сторон гнезда-предка. **Четверты́м** применяемым параметром является номер варианта фрагмента-предка, хранящегося в стековой области памяти. При формировании одноконтурных гнезд фрагментом-предком является τ – угольник.

Фрагмент-предок может иметь несколько уникальных сторон. В процессе синтеза структурных схем необходимо планируемый контур формировать на каждой из уникальных сторон. По этой причине **пяты́м** применяемым параметром является число сторон фрагмента-предка.

Забегая несколько вперед, отметим, что для замыкания контура могут быть использованы звенья различной сложности, имеющиеся в наличии, если это не противоречие с соответствующими условиями. Возможность их применения следует предусмотреть заранее и перед генерированием вариантов реализации планируемого контура произвести корректировку числа реальных звеньев.

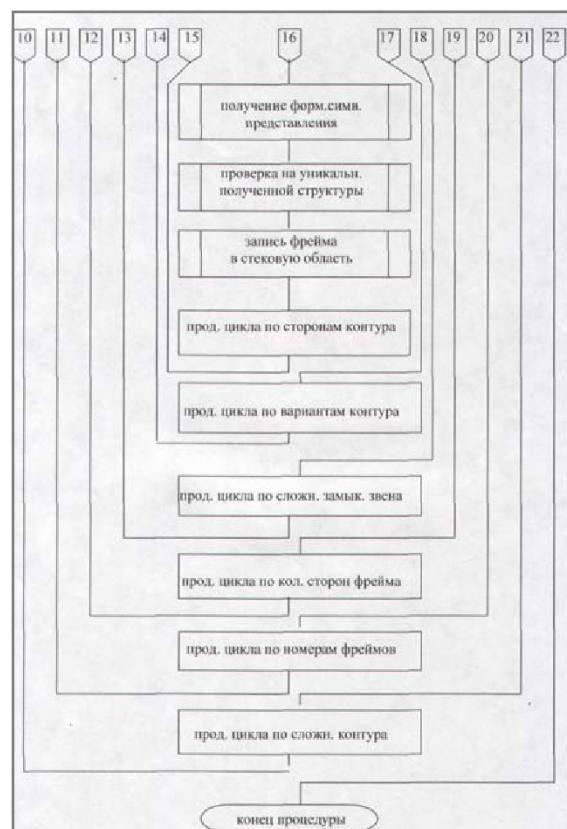


Рис. 3. Блок-схема порядка применения параметров при формировании совокупности контуров

Таким образом, **шестым** применяемым параметром является сложность звена, замыкающего построенный в будущем контур.

Каждый из контуров различной сложности, в свою очередь, может иметь различные варианты его построения из имеющейся в наличии совокупности звеньев.

Это означает, что необходимо программно генерировать гарантированно полное многообразие вариантов построения изменяемого замкнутого контура любой сложности. Причем процедура генерирования должна опережать процедуру размещения звеньев той или иной сложности на сторонах контура. Конкретный вариант реализации контура является **седьмым** применяемым параметром.

После выбора очередного варианта реализации изменяемого замкнутого контура, необходимо пристроить реальные звенья, имеющиеся в наличии, к его сторонам. Термин пристроить выбран здесь не случайно, поскольку на стороне фрагмента-предка уже имеется некоторое количество реальных звеньев.

Количество пристраиваемых к фрагменту-предку звеньев является **восьмым** и последним параметром, используемым при формировании совокупности контуров.

Все множество полученных вариантов одноконтурных гнезд должно быть сохранено в оперативной памяти, так как каждый из полученных вариантов может стать основой более сложного гнезда, получаемого путем наслаживания второго и последующих контуров на гнездо-предок при построении структурных схем с несколькими изменяемыми замкнутыми контурами.

К полученным вариантам одноконтурных фрагментов необходимо добавить периферийную часть для получения структурных схем с одним изменяемым замкнутым контуром. Периферийная часть структурной схемы конструируется из ос-

тавшихся в наличии звеньев. Поскольку периферийная часть может быть присоединена к контуру или совокупности контуров различным образом, - **девятым** параметром является номер варианта развития контурной структуры.

Один единственный вариант расширенной одноконтурной структуры может послужить основой для получения полноценных структурных схем при добавлении к нему оставшихся в наличии поводков. Поводки могут быть распределены между свободными кинематическими парами различным образом, поэтому **десятый** параметром является номер варианта размещения поводков.

Варианты реализации изменяемого замкнутого контура, варианты развития контурных структур и варианты размещения поводков между свободными кинематическими парами генерируются с помощью компьютерной процедуры, представляющей собой формирователь отрезка натурального ряда чисел в той или иной системе счисления. Это обеспечивает гарантированно полное множество различных вариантов, артефактов, ситуаций.

При построении структурных схем, содержащих совокупности двух и более контуров требует многократного применения параметров от третьего до десятого. Это осуществляется организацией соответствующих циклических участков в компьютерной программе.

Блок-схема процедуры формирования совокупностей контуров, необходимых для получения полноценных структурных схем с изменяемыми замкнутыми контурами представлена на рис. 3.

На основе объектно-ориентированной технологии [1] и порядка применения параметров, описанного в настоящей статье, была разработана компьютерная программа, тестирование которой подтвердило работоспособность компьютерного метода синтеза структурных схем плоских рычажных механизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Степанов А.В. Объектно-ориентированная технология компьютерного синтеза структурных схем плоских шарнирных механизмов / Вестн.КузГТУ, 2007. №6. С. 105-110.
- Андерсон, Джеймс А.Дискретная математика и комбинаторика.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 960 с.
- Минский М. Фреймы для представления знаний: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1979. – 152 с.
- Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов. СибГГМА, Новокузнецк, 1994. – 102 с.,

Автор статьи:

Степанов
Александр Васильевич,
-канд.техн.наук, доц., зав каф.. при-
кладной информатики
(Сибирский государственный инду-
стриальный университет,
г. Новокузнецк)