

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 681.3: 621.01

А.В.Степанов

ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Замкнутые кинематические цепи являются исходным материалом для получения структурных схем плоских шарнирных механизмов одним из методов, предложенным Грюблером [1]. Суть метода состоит в закреплении одного из звеньев цепи, или отождествлении его со стойкой. После чего, принимая любое из оставшихся звеньев в качестве входного, получают структурную схему плоского шарнирного механизма с одной степенью свободы. В результате применения этой процедуры последовательно для каждого из звеньев замкнутой кинематической цепи, получается полное множество вариантов структурных схем при заданном общем числе звеньев.

Структурным синтезом плоских замкнутых кинематических цепей (цепей Грюблера) в разные годы занимались различные исследователи. Не угасает интерес к этой проблеме и в настоящее время, о чем свидетельствует статья члена Российской национального комитета по теории механизмов и машин (ныне покойного) профессора Пейсаха Э.Е., в которой приведен краткий обзор работ и других авторов [2].

Конечной целью синтеза цепей Грюблера является не подсчет числа вариантов возможных структур, а получение полного множества структурных схем для заданного числа звеньев. Особенность решения этой задачи состоит в том, что с увеличением общего числа звеньев число вариантов соединения звеньев между собой в замкнутую кинематическую цепь (цепь Грюблера) нелинейно и резко возрастает. Для иллюстрации этого положения приводим таблицу, заимствованную из [2].

Число звеньев	4	6	8	10	12	14
Число цепей Грюблера	1	2	16	230	6586	318162

При небольшом количестве звеньев (до восьми) структурные схемы могут быть получены вручную. При увеличении числа звеньев это становится невозможным. Есть основания считать, что задача поиска полного многообразия таких цепей должна решаться с использованием компьютерных средств.

Попытки использования ЭВМ для решения задач структурного синтеза шарнирных систем предпринимались еще в девяностых годах прошлого столетия. Для примера можно привести

монографию [3], в которой описывается способ построения структурных схем на основе теории графов. Принимая во внимание тот факт, что процедура синтеза производилась на ЭВМ ЕС-1022, можно предположить, что исследователи получали описания структурных схем на известном им языке, а преобразование описаний в графические образы осуществлялось вручную. Прошло около двух десятков лет и один из авторов монографии [3], являясь одним из ведущих специалистов в области структурного синтеза, делает (дословно) следующий вывод [2].

“Исследования в области структурного синтеза замкнутых кинематических цепей нуждаются в дальнейшей разработке. Во многих публикациях дается краткое и неполное описание предлагаемых методов, не раскрыты все этапы синтеза (вследствие чего не представляется возможным воспроизведение описываемых в них подходов и результатов), не обсуждаются вычислительные проблемы, возникающие при компьютерной реализации алгоритмов, часто исследования ориентированы на синтез кинематических цепей только с определенным числом звеньев, отсутствует какая-либо систематизация найденных цепей”.

Чрезвычайную сложность задачи компьютерного синтеза структурных схем даже плоских шарнирных систем можно объяснить тем, что разрабатываемые алгоритмы компьютерных процедур должны реализовывать не какие-то вычисления, а достаточно сложную логику преобразования данных, реализующую технологию формирования структурной схемы, описываемую, в лучшем случае, в словесной форме.

Представляется очевидным тот факт, что все потенциально возможные способы решения задачи относятся к одному из двух принципиально различных подходов.

Суть одного из них состоит в следующем. На первом этапе, используя методы комбинаторики, получают топологические описания всех возможных вариантов соединения звеньев между собой. На следующем этапе из этого многообразия описаний с помощью алгоритмического “решета” отсеиваются неработоспособные и повторяющиеся (изоморфные) варианты. Оставшиеся в “решете” варианты с помощью визуализатора (человека или компьютерной программы) превращаются в

структурные схемы. Ярким примером такого подхода является технология синтеза, описанная в статье Пейсаха Э.Е. [2,4].

Другой подход основан на компьютерном моделировании самого процесса формирования структурной схемы на некоторой виртуальной плоскости [5]. При большом количестве звеньев формирование структурной схемы в автоматическом режиме приводит к появлению вариантов структур, в которых некоторые из звеньев оказываются наложенными друг на друга (даже при наличии процедур корректировки). По этой причине синтез структур производят послойно в полуавтоматическом режиме. Описание топологии схемы получают в двух различных формах: в виде массива координат звеньев, соединенных в замкнутую кинематическую цепь и в виде формализованного символьного описания (идентификатора) цепи, по которому легко и просто воспроизводится графическое изображение [6]. Поскольку структурная схема представляет собой безмасштабное графическое изображение, то в целях экономии внешней памяти вместо сохранения упомянутых массивов в дисковый файл отправляют идентификаторы цепи.

Использование любого из этих подходов, таким образом, предполагает наличие в программном комплексе специальной процедуры или автономной программы – визуализатора, преобразующего формализованное символьное описание в графический образ, выводимый на экран компьютера. Ни в одной из статей по компьютерному синтезу структур этому модулю программного обеспечения не уделено должного внимания, несмотря на то, что технология воспроизведения графического изображения и соответствующие алгоритмы являются одной из изюминок компьютерного проекта, реализующего синтез структурных схем.

В данной статье рассматривается технология визуализации с использованием идентификаторов, аналогичных тем, что описаны в [6].

Идентификатор структурной схемы представляет собой строку символов безразмерной (с точки зрения пользователя) длины. Стока состоит из нескольких полей. Первые два поля имеют фиксированную длину (2 и 1 байт соответственно), а остальные – переменную, вычисляемую в процессе работы программы (табл. 1). Если в каждом файле хранятся структурные схемы одного и того же семейства (например, шестизвездные цепи) это поле может отсутствовать, а данные о числе звеньев могут быть получены из имени соответствующего файла. Длина поля “номенклатура звеньев” определяется величиной $n/2$. В этом поле размещаются числа двух-, трех-, ..., n - парных звеньев, в порядке возрастания их сложности. Длина поля “сложности контуров цепи” должна быть равна $n/2-1$. В этом поле каждая цифра – число сторон изменяемого замкнутого контура. В следующих полях размещаются описания контуров. Таких описаний - $n/2-1$. Длина каждого поля на единицу больше сложности соответствующего контура. Поле описания контуров состоит из двух частей, разделенных точкой. Первый из контуров формируется после построения самого сложного звена цепи, путем присоединения различных звеньев к одной из его сторон. Это первый из фрагментов развивающейся структурной схемы. В соответствии с технологией, описанной в [5], каждый новый контур образуется путем присоединения некоторого количества имеющихся в наличии звеньев к одной из ограничивающих сторон полученного ранее фрагмента. Первая часть этого поля служит для поиска стороны фрагмента, к которой будут присоединяться звенья, а вторая – определяет номенклатуру и число присоединяемых звеньев. В табл. 1, для примера, использованного

Таблица 1. Формализованные символьные описания полного многообразия восьмизвездных замкнутых кинематических цепей

число звеньев цепи n	самое сложн. звено	номенкл. звеньев 2,3,...пар	сложн. контуров цепи	описание контура 1	описание контура 2	описание контура 3
08	3	440	444	3.333	33.22	33.22
08	3	440	555	3.2233	3223.3	333.22
08	3	440	464	3.233	323.322	333.2
08	3	440	455	3.233	323.32	333.22
08	3	440	544	3.2333	323.2	33.22
08	3	440	454	3.332	33.322	333.2
08	3	440	455	3.332	33.232	3323.2
08	3	440	644	3.23323	323.2	323.2
08	3	440	555	3.2323	323.32	3233.2
08	4	521	444	4.323	423.22	43.22
08	4	521	454	4.233	423.2	43.22
08	4	521	544	4.2323	423.2	33.22
08	4	521	545	4.2332	423.2	423.22
08	4	521	644	4.23232	423.2	423.2
08	4	602	446	4.442	44.22	4224.22
08	4	602	455	4.242	424.22	424.22

для тестирования визуализатора, приведены идентификаторы всех восьмизвенных замкнутых кинематических цепей.

По этим идентификаторам даже вручную может быть построена любая из цепей Грюблера, но в данной статье речь идет о компьютерной технологии визуализации структур.

В соответствии со структурой идентификаторов и технологией ручной визуализации был определен набор компьютерных процедур, необходимых для построения структурной схемы. Он приведен в таблице 2.

Для разработки интерфейсной части проекта может быть использован, в качестве примера, вариант рабочего окна приложения, приведенный на рисунке 1.

Единственный модуль проекта приложения, рабочее окно которого представлено на рис.1 имеет восемь обработчиков событий. Они обрабатывают следующие события:

- нажатия левой клавиши мыши в поле кнопок “открыть”, “выход”, “режим редактирования фрагмента”, “добавить контур”, “сохранить”;
- двойной щелчок левой клавишей мыши на строке идентификатора;
- нажатие и отпускание правой клавиши мыши.

Работа с визуализатором происходит следующим образом. Активирование обработчика, связанного с кнопкой “открыть” приводит к открытию файла идентификаторов и заполнения объекта ListBox. После двойного щелчка на строке любого идентификатора производится построение самого сложного звена цепи, на одной из сторон которого формируется первый изменяемый замкнутый контур. Построенный фрагмент выводится в поле графического экрана. При необходимости “подправить” изображение “нажимается” кнопка “режим редактирования фрагмента” и правой клавишей мыши осуществляется корректировка по-

Таблица 2. Набор компьютерных процедур, обеспечивающих функциональность визуализатора

Centr	центрирование изображения на графическом экране
ForStor	формирование ограничивающих сторон фрагмента
GetKadr	чтение кадра из стековой области памяти
Kontur	формирование изменяемого замкнутого контура кинематической цепи
Mnogo	построение многоугольника с заданными параметрами
Otr	построение графического изображения на виртуальной плоскости
Para	вывод на графический экран изображения шарнира
Post	поиск стороны с заданными свойствами
PushKadr	запись кадра (фрагмента) в стековую область памяти
Razmer	определение размера изображения на виртуальной плоскости
Ris	отображение звена на графическом экране
SvoPar	регистрация свободных кинематических пар
Vivod	формирование изображения фрагмента на графическом экране
ZapisVer	запись вершин многоугольника

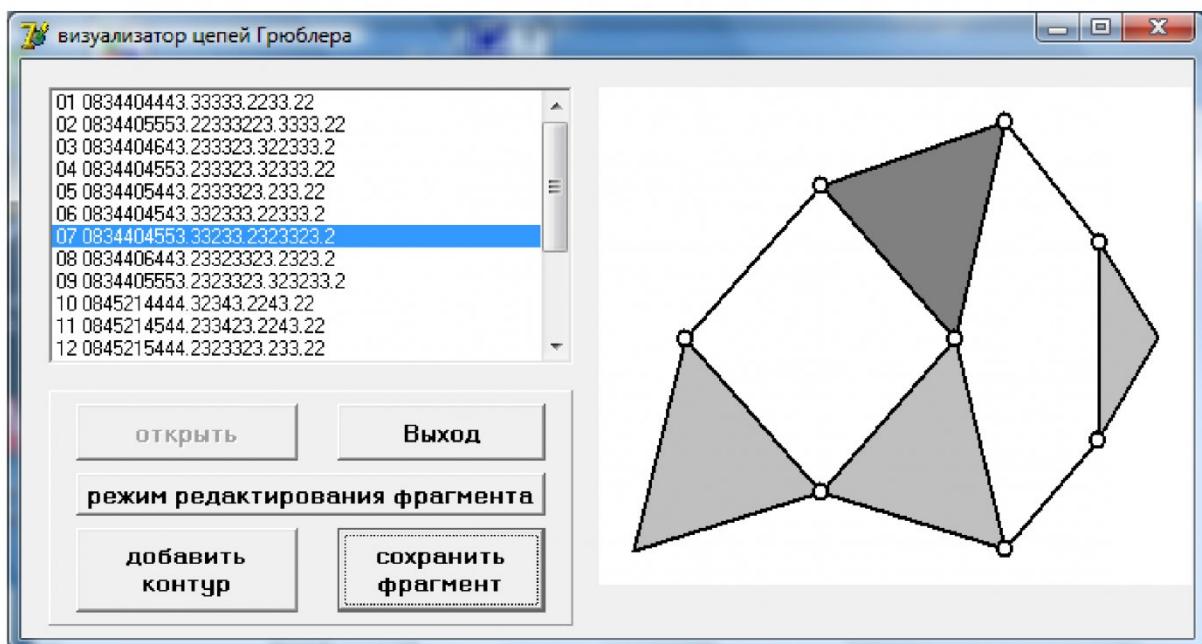


Рис.1. Вид рабочего окна приложения

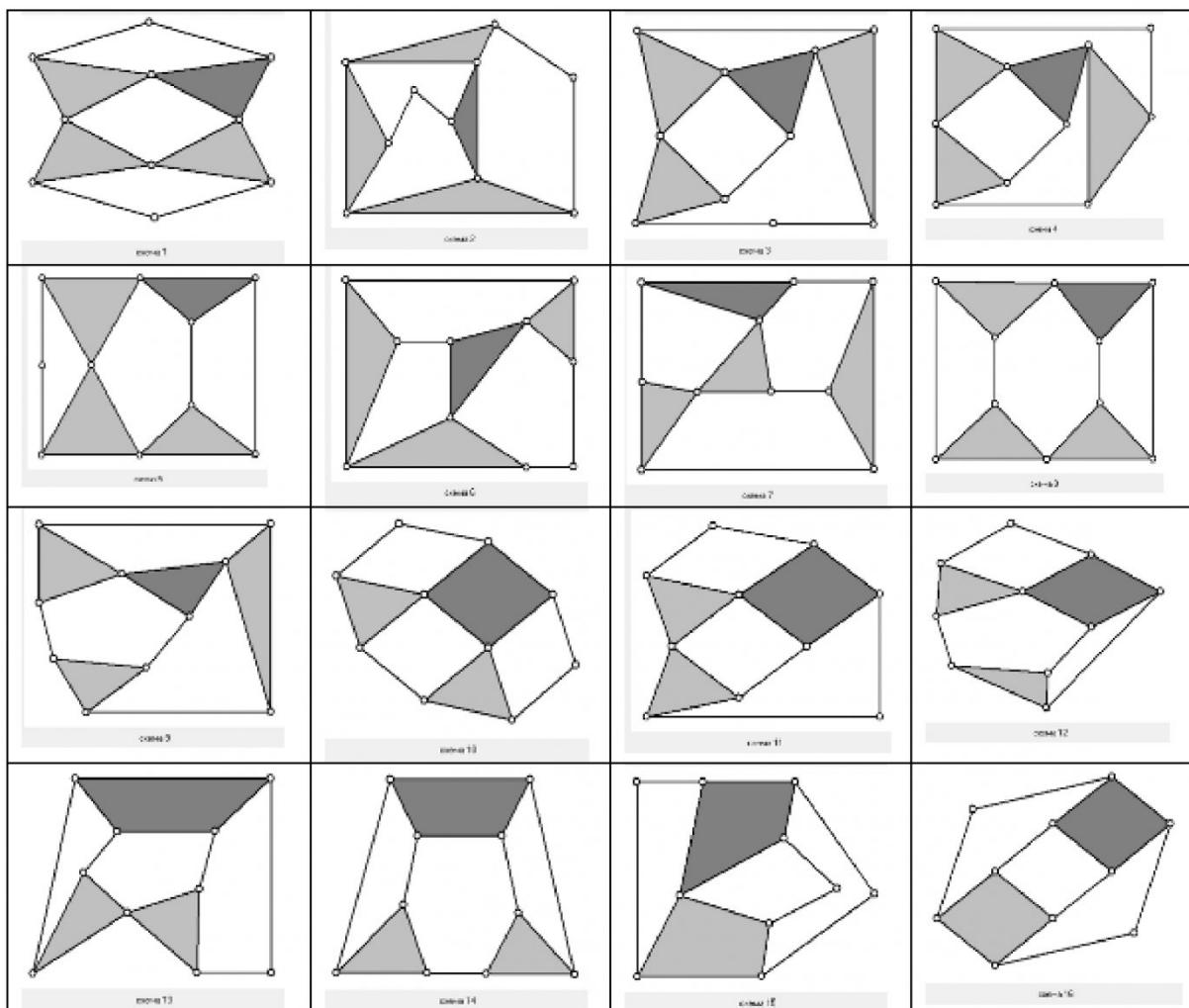


Рис. 2. Восьмизвездные замкнутые кинематические цепи (цепи Грюблера)

ложения вершин. Завершают редактирование нажатием на кнопку “сохранить фрагмент”. Добавляют очередной контур нажатием на кнопку “до-

бавить контур”.

На рис.2 представлены графические образы, полученные с помощью визуализатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gröbler M. Gegrübelehrre. Eine Theorie des Zwangslaufes und der ebene Mechanismen.- Berlin: Springer-Verlag, 1917.
2. Пейсах Э.Е. Структурный синтез замкнутых кинематических цепей (цепей Грюблера). Часть 1. // Теория механизмов и машин. 2008. №1. Том 6. С. 4-14.
3. Пейсах Э.Е. Система проектирования плоских рычажных механизмов. / Э.Е. Пейсах, В.А. Нестров. Под редакцией К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1988. – 232 с.
4. Пейсах Э.Е. Структурный синтез замкнутых кинематических цепей (цепей Грюблера). Часть 2. // Теория механизмов и машин. 2008. №2. Том 6. С. 3-17.
5. 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.
6. 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, доцент, докторант
СибГИУ, проф. каф.систем автоматизации управления НФИ КемГУ
Email: stepal@rdtc.ru
Тел.89069803827