

ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ПРИ АНАЛИЗЕ МЕХАНИЗМОВ СО СЛОЖНОЙ СТРУКТУРОЙ

Исследование механизмов, как правило, начинается со структурного анализа, то есть с распознавания статически определимых, неделимых кинематических цепей (групп Ассура), и с выяснения очередности их присоединения. Известно, что геометрическое, кинематическое и силовое исследование наиболее рационально выполнять по структурным группам. В литературе рассмотрено большое количество групп Ассура, приведены их канонические изображения, описаны геометрические характеристики и особенности. Кроме того, создан формальный метод структурного анализа, основанный на теории графов. Тем не менее, для сложных механизмов проблема распознавания групп является далеко не тривиальной.

В данной работе предлагается при структурном анализе и при исследовании свойств механизмов использовать так называемые «основные группы», которые являются собой совокупности групп Ассура.

Известно, что если в механизме какое-либо из подвижных звеньев мысленно принять за стойку, то может получиться совершенно иной механизм. Если при этом сохранить «вход» и «выход», то сохранится и функция положения, и все геометрические свойства. Изменится только звено, относительно которого наблюдается движение механизма. Полностью аналогичная ситуация возникает при рассмотрении структурных групп. Г.Г.Барановым в работе (1, стр. 99) введено понятие основной структурной группы: «Если в любой из ... групп Ассура соединить внешние кинематические пары новым звеном, то ... получится жесткое соединение звеньев ..., то есть неизменяемая система Указанная неизменяемая система является общей для ... групп и поэтому называется основной группой. Из нее можно получить группу Ассура, отбрасывая одно из звеньев ...». Действительно, структурная группа может быть присоединена к стойке внешними парами. При этом образуется неподвижная, статически определимая рама, которая и является основной группой, порождающей целое семейство своих и только своих групп. Так, например, трехповодковая группа (рис.1, б) после присоединения внешних кинематических пар к пятому звену образует пятизвенную основную структурную группу (рис.1, а), из которой после отбрасывания любого звена получают группы Ассура только двух видов (рис.1, б и 1, в). Заметим, что, решив геометрическую задачу основной группы, мы фактически получаем решения для всех образуемых ею групп. Более того, решив задачу для одной группы, решенными оказываются геометрические задачи для всех групп, входящих вместе с данной в одну основную. Так, например, условие особого положения трехповодковой группы состоит в пересечении в одной точке линий всех поводков AD, BK и CL. Это условие переносится на основную группу и на родственную ей группу Ассура.

Заметим, что существуют только две четырехзвенные структурные группы и, следовательно, только одна, указанная выше основная группа. Изобразим их в канонической форме в табл.1. Для наглядности и удобства запоминания предлагается плоскую кинематическую схему изобразить в виде объемного графа. Действуя аналогично, определим все семизвенные основные группы и сведем их в табл.2. Данные рассуждения справедливы не только для плоских кинематических цепей с вращательными, поступательными и высшими парами, но и для пространственных цепей, поскольку речь идет лишь об изменении системы отсчета, а не об изменении связей между звеньями. Кроме работы (1) подробное изложение способа формирования механизмов на основе принципа Ассура дано В.А.Нестеровым и Э.Е.Пейсахом (2, гл.1), а также в трудах румынского автора Манолеску. Здесь не ставится задача описания методов синтеза ос-

новых групп, однако с уверенностью можно сказать, что количество таких методов растет с увеличением числа звеньев в группах.

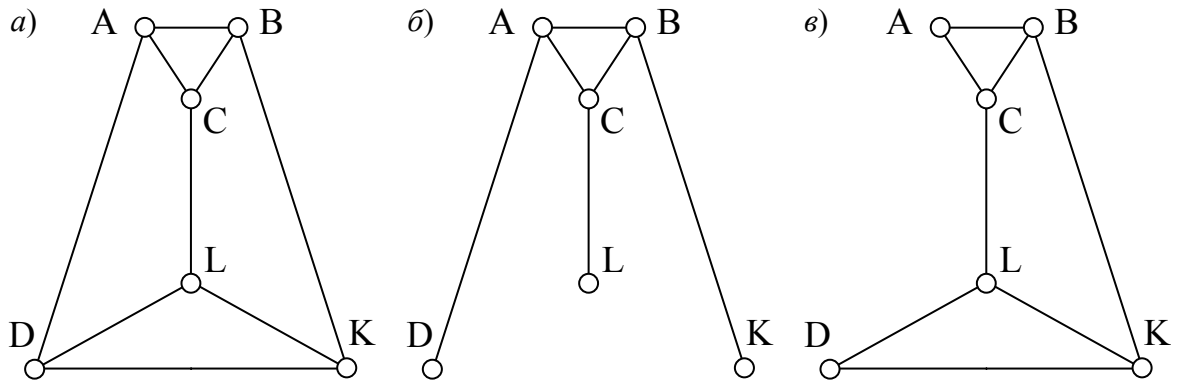


Рис. 1. Основная пятизвенная группа и две ее структурные группы Ассура

Далее изложим некоторые соображения о принципах формирования и расчета так называемых *неассуровых механизмов*. В основных группах между звеньями установлены определенные геометрические соотношения. Эти соотношения содержат параметры взаимных расположений кинематических пар на звеньях. Если один или несколько таких параметров оказываются переменными, то необходимо детализировать кинематическую схему, определить входные пары, отыскать способ геометрического и силового расчета. На наш взгляд весьма удобным является следующий алгоритм кинематического анализа неассуровых механизмов:

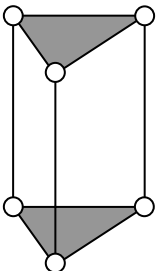
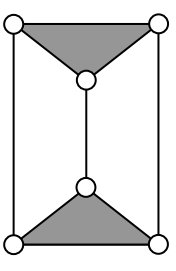
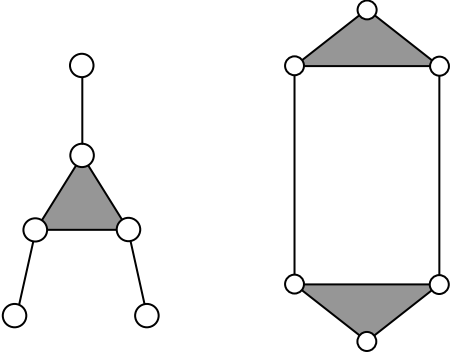
Отыскать *приводы* как пары звеньев с известным законом их относительного движения.

Определить порядок структурного агрегирования, то есть наслоения на приводы структурных групп с образованием основных *приводных групп*. На этом этапе удается выявить *ядра статической неопределимости*. Заметим, что в различных основных группах могут оказаться одни и те же звенья, а вот кинематические пары определяются в них однозначно. Инвариантом являются здесь не группы Ассура, а основные группы, формы которых *вполне управляемы* собственными приводами. В связи с этим приводные группы вероятно можно называть *звеньями с управляемыми размерами* и, поскольку они входят в состав групп более высоких слоев, их можно называть *вложенными* в структурные группы. В отличие от групп Ассура, которые *присоединяются* не меняя количество степеней подвижности механизма, приводные группы *вкладываются* в качестве звеньев с управляемой формой, добавляя таким образом количество управляемых степеней свободы. *Функцией положения привода* (приводной группы, привода с приводным механизмом) можно называть зависимость его выходных геометрических параметров от входных.

Записать и решить геометрические уравнения для каждой основной группы в соответствии с последовательностью наслоения.

Определить искомые геометрические связи между любыми параметрами, в том числе и абсолютными. Последовательность *силового расчета* методом кинетостатики строго определяется порядком обратным структурному агрегированию. Во всем вышесказанном по существу нет ничего нового для специалистов в области расчета сложных рамных конструкций. Известно, что расчет рам содержит определение и разрешение статической неопределимости, сначала внешней, а затем и внутренней, поиск и решение статически определимых цепей. При этом выбор последовательности расчетов может на первый взгляд показаться результатом случайного перебора возможных вариантов.

Четырехзвенные структурные группы

Основные группы		Структурные группы Ассура
Объемный граф	плоская схема	
		

Рассмотрим в качестве примера двухприводной механизм бульдозерного отвала, кинематическая схема которого показана на рис.2, а.

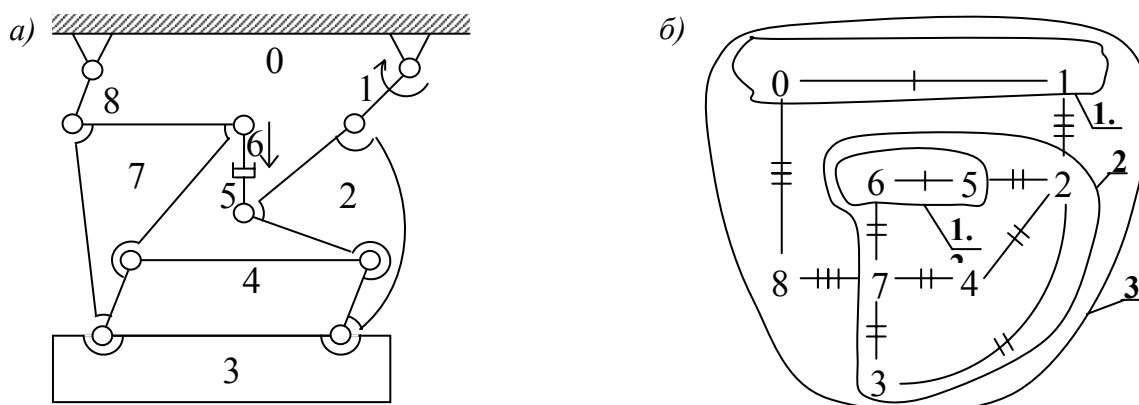
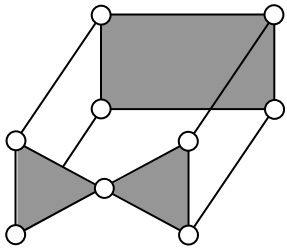
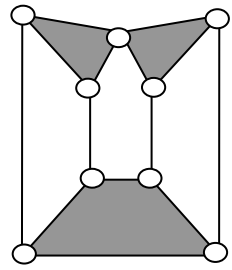
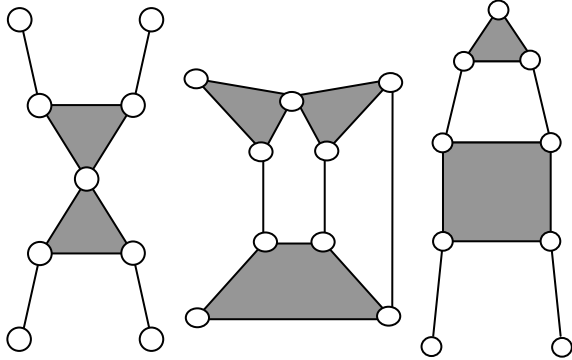
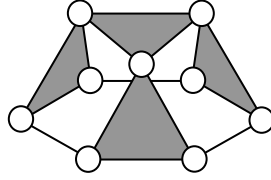
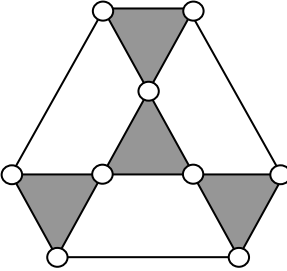
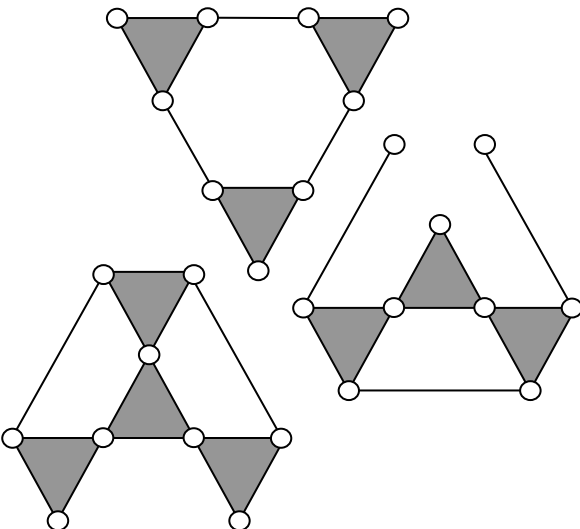
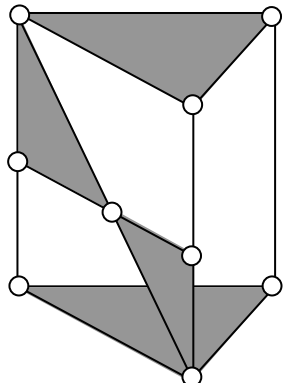
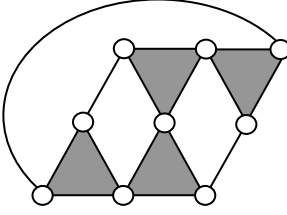
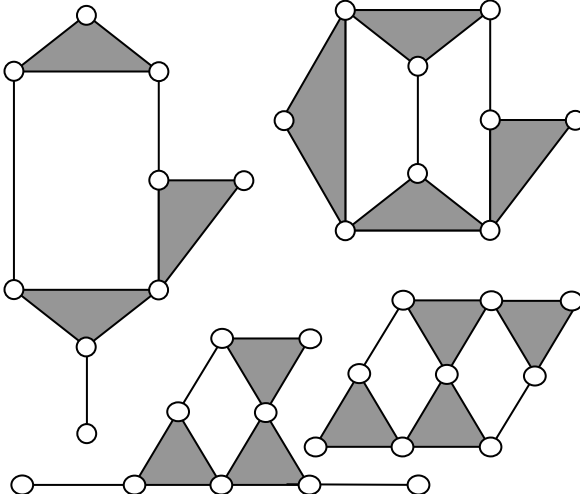


Рис. 2. Двухприводной механизм бульдозерного отвала

Для структурного анализа механизма изобразим его граф (рис.2, б), на котором поместим ребра в порядке разрешимости кинематических цепей (контуров). Привод 5,6 оказался вложенным в основную приводную группу 2, которая в свою очередь вместе с приводом 0,1 вложена в приводную группу 3. Геометрические характеристики и особые положения механизма, как отмечалось выше, являются свойствами однозначно определяемых основных групп, именно для них пишутся уравнения замкнутого векторного контура и т.п. Аналогичная ситуация возникает и при силовом расчете. Именно в основных группах, разрезая контуры, то есть переходя к структуре «дерево», удастся получить замкнутые системы уравнений кинестатики, которые разрешаются в соответствии с порядком структурного агрегирования, начиная с групп последнего слоя. В данном примере очевидно, что основная группа 3 разрешима. После нее возможно выполнение силового расчета группы 2. На последнем этапе независимо решаются силовые задачи для приводов 1.1 и 1.2.

Шестизвенные структурные группы

Основные группы		Структурные группы Ассура
Объемный граф	Плоская схема	
		
		
		

В заключении необходимо сказать, что классический метод структурного анализа механизмов Ассура - Артоболевского не дает возможности ясно увидеть структурные группы в неассуровых механизмах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баранов Г.Г.** Курс теории механизмов и машин. - 3-е изд. М.: ГНТИМЛ, 1959.- 488с.
2. **Пейсах Э.Е., Нестеров В.А.** Система проектирования плоских рычажных механизмов / Под ред. **К.В.Фролова.** – М.: Машиностроение, 1988. – 232с.: ил.