УДК 621.01

Л.Т. Дворников, Л.Н. Гудимова, С.П. Стариков

ШЕСТИЗВЕННЫЕ ПЛОСКИЕ ГРУППЫ АССУРА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Согласно основополагающему принципу русского учёного Л.В. Ассура, сформулированному им в 1914 г., все механизмы создаются путём присоединения (наслоения) к ведущим звеньям групп звеньев, обладающих нулевой подвижностью. Эти группы принято называть группами Ассура. Хорошо изучены двухзвенные группы, называемые диадами, найдены кинематические и кинетостатические решения четырёхзвенных групп.

Что же касается групп Ассура, состоящих из шести звеньев, то их исследования начаты сравнительно недавно и требуют своего разрешения. Впервые десять структур шестизвенных групп Ассура были показаны профессором Добровольским В.В. в 1939 г. в работе [1]. Однако ни в указанной работе, ни в последующих публикациях Добровольским не был описан метод, с помощью которого синтезировались им эти структуры, и не приводилось никаких доказательств об их исчерпывающе полном составе.

Одним из авторов настоящей статьи в работе [2] был разработан метод и обоснованы независимые и необходимые критерии структурного синтеза групп нулевой подвижности с любым числом звеньев. Таких критериев, начиная с заданного числа звеньев n, было предложено восемь, все они в [2] подробно рассмотрены и описаны. С использованием этого метода, покажем принципиальные отличия друг от друга десяти шестизвенных плоских шарнирных групп Ассура. Схемы групп и значения критериев их определяющих собраны в таблице.

Обозначения, принятые в таблице:

τ – базисное, наиболее сложное по числу кинематических пар звено цепи;

δ – число свободных выходов цепи;

α – число изменяемых замкнутых контуров цепи;

α_i – сложность используемых в цепи изменяемых замкнутых контуров;

λ_c – суммарное число сторон цепи;

$\lambda_н$ – число наружных сторон;

$\lambda_н / \delta$ – число наружных сторон цепи, распределенных между выходами.

Так, под номером 2 в таблице показана шестизвенная группа нулевой подвижности (группа Ассура), в которой:

наиболее сложным звеном является трехпарное ($\tau = 3$);

число свободных выходов в ней три ($\delta = 3$), на схеме цепей они показаны штрихами;

число изменяемых замкнутых контуров – один ($\alpha = 1$);

сложность замкнутого изменяемого контура – четырехугольный (α_4);

общее число сторон звеньев цепи $\lambda_c = 15$ – по три стороны у трех трехпарных звеньев – 9 и по две стороны у трёх двухпарных звеньев – 6;

число наружных сторон цепи $\lambda_н – 11$,

это число разбивается между выходами как 3 – 3 – 5.

Все эти группы могут быть использованы в промышленности в виде реальных машин, механизмов, конструкций. Для этого достаточно каждую из показанных групп присоединить к ведущему звену. Покажем конкретное использование некоторых из приведенных в таблице групп в виде устройств, пригодных для выполнения вполне конкретных функций.

Первая из показанных в таблице групп, видимо, уже и ранее имела применение в кинематических цепях машин, но мы в качестве примера приведем решение, которое было запатентовано сравнительно недавно, а именно в 2007 г. [3].

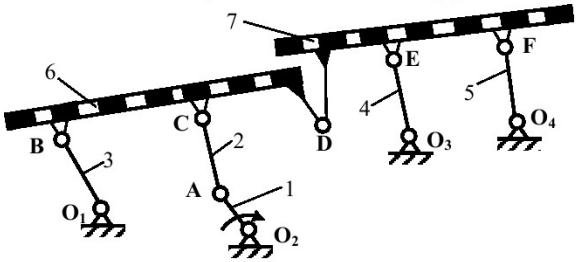


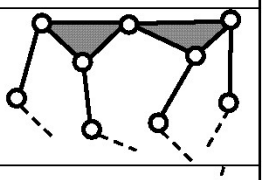
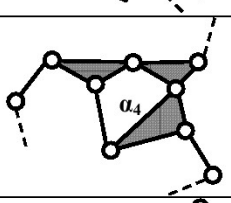
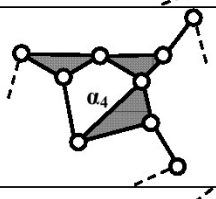
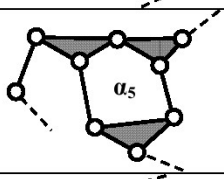
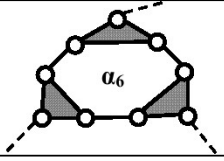
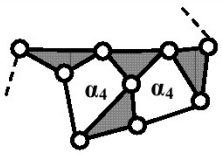
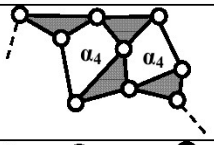
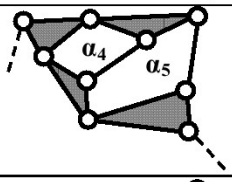
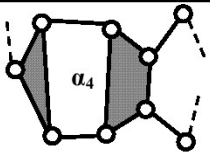
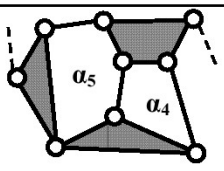
Рис.1. Двухсекционный грохот

Оно реализовано в конструкции двухсекционного грохота (рисунок 1) – машины, предназначенной для разделения на фракции кусков сыпучих материалов, в частности горных пород. Трёхпарные звенья группы выполнены в виде подвижных секций 6 и 7, представляющих собой сита. Двухпарные звенья 2-5 являются качающимися коромыслами. Секция 6 связана в кинематическую пару с секцией 7 через шарнир D, а коромысло 2 соединено с ведущим кривошипом 1.

Работа механизма осуществляется следующим образом. Кривошип, совершающий полный оборот, при соединении с коромыслом 2, исполняющим роль шатуна, передает качательные движения секции 6, она, в свою очередь, приводит в движение секцию 7.

Вследствие совместных действий качания и наклона секций грохота, материал, загруженный в его головной части, продвигается по ситам (секциям) к разгрузочной части грохота, при этом материал расслаивается по классам, просеиваясь че-

Таблица. Шестизвенные группы Ассура и их классификационные признаки

№ п/п	τ	δ (α)	$\Sigma\alpha_i$	λ_c,	$\lambda_н$	$\lambda_н/\delta$	Схема группы
1	3	4/0	–	14	14	3-4-3-4	
2		3/1	α_4	15	11	3-3-5	
3						3-4-4	
4			α_5		10	3-3-4	
5			α_6		9	3-3-3	
6		2/2	$\alpha_4 + \alpha_4$	16	8	3-5	
7			$\alpha_4 + \alpha_4$			4-4	
8			$\alpha_4 + \alpha_5$		7	3-4	
9	4	3/1	α_4	15	11	3-4-4	
10		2/2	$\alpha_4 + \alpha_5$	16	7	3-4	

рез отверстия сит.

Возможность полного исследования этой конструкции была показана в работе [4].

Рассмотрим возможность технического применения шестизвенной группы, показанной в таблице под номером 3. Эта группа послужила осно-

вой для создания конструкции, используемой в горной промышленности в качестве секции механизированной крепи. Кинематическая цепь такой секции приведена на рисунке 2.

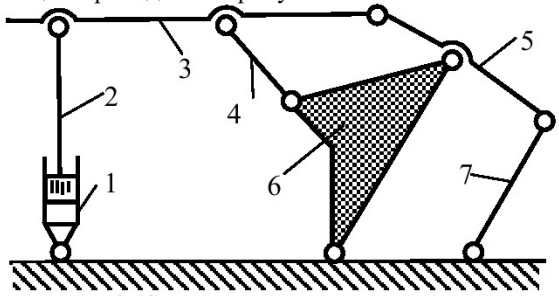


Рис.2. Секция механизированной крепи

Устройство содержит гидродомкрат 1, шток поршня 2, звено поддержки 3, шатун 4, звено ограждения 5 и два коромысла 6 и 7 звена ограждения. Его работа осуществляется за счет подачи жидкости под давлением в распорный гидродомкрат. Жидкость при воздействии на поршень приводит через шток в движение звено поддержки, оно передает движение шатуну, который воздействует на первое коромысло 6 звена ограждения и заставляет звено приспосабливаться к неравномерному давлению кровли. Второе коромысло 7 звена ограждения улучшает работоспособность крепи, создавая дополнительную жесткость. Такая конструкция позволяет увеличить объём рабочего пространства под крепью и не допускает изгиб штока гидродомкрата. Звенья 2-7 образуют шестизвенную нераспадающуюся на двухзвенные группу Ассура с замкнутым изменяемым четырехугольным контуром a_4. Описанное конструктивное решение оказалось принципиально новым и защищено патентом на изобретение РФ [5].

На основе шестизвенной группы Ассура с пятиугольным изменяемым замкнутым контуром (таблица, номер 4), может быть создан рычажный механизм пресса, показанный на рисунке 3.

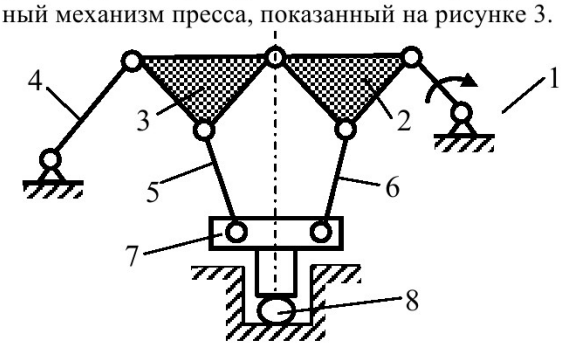


Рис.3. Рычажный механизм пресса

Сама группа представляется звеньями 5, 4, 3, 2, 6 и 7 и эта цепь не распадается на более простые группы. Чтобы привести в движение группу, достаточно свободную кинематическую пару второго звена соединить с приводным звеном 1, а трехпарное звено 7 превратить в пуансон, заменив выходную вращательную пару на поступательную. В рассматриваемом механизме пуансон при воздействии на обрабатываемый объект движется поступательно. При этом в процессе прессования усилия сопротивления воспринимаются группой звеньев 2, 3, 5, 6 и 7, образующих пятиугольный замкнутый контур, что обеспечивает высокую жесткость конструкции.

Обратимся теперь к шестизвенной группе, звенья которой образуют замкнутый изменяемый шестиугольный контур. Она помещена в таблице под пятым номером. Особенность её строения была использована при разработке кинематической цепи щековой дробилки, показанной на рисунке 4.

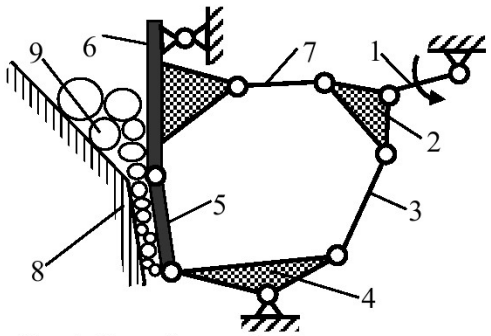


Рис.4. Двухщёковая дробильная машина

Уникальность этой конструкции в том, что в качестве воздействующих на разрушаемый материал щёк используются два звена – пятое и шестое, и дробилка становится двухщёковой.

Эта двухщёковая дробильная машина состоит из кривошипа 1, соединяющегося с приводным двигателем, трёхпарного звена – шатуна 2, бокового поводка 3, трёхпарного балансирного звена 4, дополнительной подвижной щеки 5, основной подвижной щеки 6 и верхнего поводка 7. Работает механизм следующим образом. Кривошип приводит в движение трёхпарный шатун и боковые поводки. Балансирное звено в свою очередь передает движение дополнительной и основной подвижным щёкам. Обрабатываемый материал 9, помещенный между основной подвижной щекой и неподвижной щекой 8, разрушаясь, попадает в зону действия дополнительной подвижной щеки, которая, совершая плоскопараллельное движение, дробит материал на более мелкие фракции. Звенья 2, 3, 4, 5, 6 и 7 образуют между собой шестизвенный замкнутый контур, что позволяет снизить нагрузку на отдельные узлы дробилки [6].

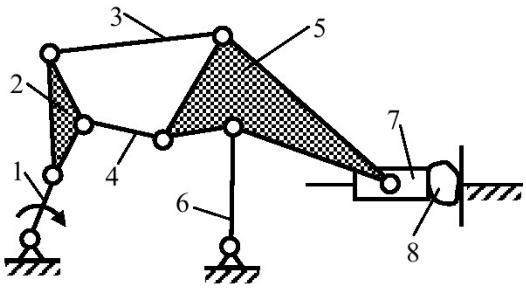


Рис.5. Кривошипно-ползунный механизм пресса

Оригинальная конструкция рычажного кривошипно-ползунного пресса может быть создана с использованием шестизвенной группы с базисным

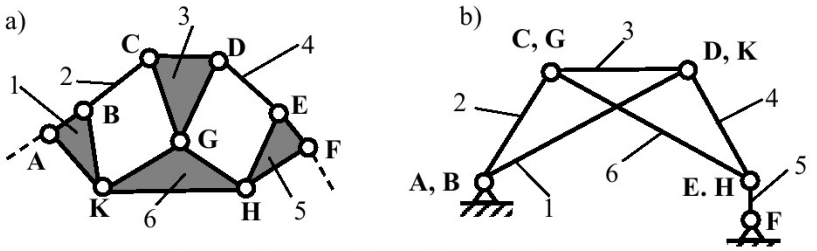


Рис.6. Шестизвенная группа Ассура (позиция 6 в таблице) и её реализация в виде стержневой фермы

четырехпарным звеном и четырехзвенным замкнутым контуром (таблица, номер 9).

Кинематическая цепь такого пресса приведена на рисунке 5. Пресс состоит из кривошипа 1, ползуна 7 и соединяющей их группы звеньев, выполняющей роль шатуна. Отличительной особенностью этого пресса является то, что «шатун» выполнен в виде кинематической цепи, содержащей четырехпарное 5 и трехпарное 2 звенья, качающееся коромысло 6 и замыкающие шатуны 3 и 4.

Работает пресс следующим образом. Трехпарное звено, приводимое в движение кривошипом, через двухпарные шатуны заставляет двигаться четырехпарное звено. Оно, в свою очередь, опираясь на качающееся коромысло, обеспечивает смещение ползуна, который, воздействуя на объект, производит прессование. С этой целью в шестизвенной группе (позиция 9 в таблице) вращательная кинематическая пара одного из свободных поводков четырехпарного звена заменена на поступательную. Наличие изменяемого замкнутого контура в кинематической цепи шатуна обеспечивает высокую жесткость механизма [7].

Все группы Ассура, обладая нулевой подвижностью и являясь системами статически определимыми, могут использоваться не только как кинематические цепи в подвижных механических системах, но и применяться в качестве основы строительных конструкций, в частности строительных ферм. Шестизвенные группы Ассура, приведённые в таблице и имеющие по два выхода (номера 6-8, 10), могут быть преобразованы в фермы. Покажем это на примере.

Так группа Ассура, показанная под номером 6, путём «связывания» кинематических пар в узлы по определенному порядку преобразуется в пятистержневую ферму, показанную на рисунке 6. Эта ферма уникальна тем, что во внешних её узлах сходятся по три стержня, а в точках опор – по два, но, если учесть, что опора есть тоже звено, то все четыре узла окажутся одинаковыми по сложности.

Такая конструкция обеспечивает высокую жесткость и является уравновешенной, т.к. обладает симметричностью. Создание таких конструкций, которые при приложении нагрузки остаются геометрически неизменяемыми, т.е. в которых не совершается относительно звеньев движение – одна из актуальных задач в строительстве.

Приведённые выше обоснования полного состава шестизвенных плоских рычажных групп Ассура и примеры реализации этих групп в реальные механизмы и конструкции могут быть широко использованы в практике конструирования машин и механических устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Добровольский В.В.* Основные принципы рациональной классификации механизмов. /В кн. Добровольский В.В., Артоболевский И.И. Структура и классификация механизмов. М.-Л. Издательство АН СССР, 1939. – С. 5-48.

2. *Дворников Л.Т.* К вопросу о классификации плоских групп Ассура. – «Теория механизмов и машин», С. – Петербургский государственный политехнический университет, 2008, №8(12). -С.18–25.

3. *Дворников Л.Т., Стариков С.П.* Двухсекционный грохот. Патент на полезную модель № 70168, 20.01.2008 г.

4. *Дворников Л.Т., Стариков С.П.* Кинематическое и кинетостатическое исследование двухсекционного грохота. Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2008, №1 (65). – С. 44-46.

5. *Дворников Л.Т., Князев А.С., Стариков С.П.* Секция механизированной крепи. Патент на изобретение № 2303699, 27.07.2007.

6. *Дворников Л.Т.,Стариков С.П.* Двухщёковая дробилка. Патент на изобр. № 2332260, 27.08.2008 г.

7. *Дворников Л.Т., Чужиков О.С., Стариков С.П.* Кривошипно-ползунный механизм пресса. Патент на изобретение № 2201348, 18.07.2001 г.

Авторы статьи:

Дворников
Леонид Трофимович
- докт.техн.наук, проф., зав. каф. теории механизмов и машин и основ конструирования (Сибирский гос. индустриальный университет, г. Новокузнецк) , тел. 46-57-91

Гудимова
Людмила Николаевна
– канд.техн.наук, доц. каф. теории механизмов и машин и основ конструирования (Сибирский гос. индустриальный университет).
E- mail: lyu-qudiova@yandex.ru

Стариков
Степан Павлович
- ассистент каф. теории механизмов и машин и основ конструирования (Сибирский государственный индустриальный университет), тел. 46-57-91