

Мкртычев О. В., ст.преп.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
филиал в г. Новороссийске

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ И ВОЗМОЖНОСТЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ В ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»

oleg214@ya.ru

Развитие теории механизмов и машин за последние десятилетия, вместе с новым уровнем развития компьютерных технологий, даёт возможность улучшить некоторые традиционные аспекты преподавания ТММ в высшей школе. В данной статье автор рассматривает и сравнивает между собой подходы различных авторов-специалистов по ТММ к задачам структурного синтеза на примере групп Ассура и проблем, связанных с классификацией плоских рычажных механизмов с вращательными парами по Ассуру-Артоболевскому.

Ключевые слова: теория механизмов и машин, структурный синтез механизмов, группы Ассура.

Сложившаяся в университетской среде традиция преподавания курса ТММ начинает эту дисциплину с того, что знакомит студентов с принципами и методами структурного анализа механизма. В советской, и ныне российской высшей школе при этом основное положение при этом занимает структурная классификация плоских групп (групп Ассура), по Артоболевскому [1]. В соответствии с нею группа характеризуется двумя признаками: класс и порядок. При этом класс группы равен максимальному числу пар, которые образуют замкнутый контур (изменяемый или неизменяемый). Для двухзвенной группы, которая не имеет контуров, сделано исключение: она отнесена ко II классу. Порядок группы равен числу её внешних пар. Задачей же структурного синтеза групп Ассура является нахождение всех структурных групп заданного класса, т. е. с заданным числом звеньев (здесь и далее рассматриваются группы только с вращательными парами). Многие учёные работали над решением этой задачи [2-5].

За более чем полвека лет, прошедших после первых публикаций по этой классификации, теория структурного синтеза механизмов прошла огромный путь: развитие современных математических методов, разработка алгоритмов идентификации структур, создание электронных баз данных структурных схем механизмов, кинематических цепей и структурных групп и т.д.

Поэтому возникает вопрос соответствия классификации структурных групп механизмов по Артоболевскому и современного уровня развития теории, который можно поставить так: можно ли усовершенствовать её в какой-то части?

Укажем сразу на недостатки, выявленные при анализе этой классификации, [6]:

1. Использование при установлении класса группы как изменяемого замкнутого контура (образуемого четырьмя и более звеньями), так и неизменяемого контура (по сути, одно звено).

2. Исключение для двухзвенной группы сделано исключение из общего правила (эта группа имеет только одну внутреннюю пару, в её структуре нет замкнутых контуров)

3. При наличии в группе Ассура имеет более одного изменяемого замкнутого контура, легко ошибиться при решении вопроса о том, какой она имеет класс.

4. Класс группы не связан с числом её звеньев, а также числом её кинематических пар.

5. Класс и порядок группы не связан с числом m изменяемых замкнутых контуров.

6. Невозможно перечислить все группы данного класса и порядка, и даже указать их число.

7. Максимально возможное число N_{\max} вариантов сборки группы при фиксированных положениях внешних пар не зависит от класса.

8. Отсутствие какой-либо связи между номером класса группы и степенью сложности задачи о положениях её звеньев при заданных положениях внешних пар.

Поскольку в практике плоских рычажных механизмов используется очень небольшое число групп Ассура (чаще всего – двухзвенная группа/диада, реже – первая или вторая разновидность четырёхзвенной группы), недостатки традиционного определения рассматриваемого понятия «группа Ассура» не вызывают особых затруднений с пониманием его у студентов. Другое дело – попытка применить традиционные определения при разработке алгоритмов структурного синтеза многозвенных групп, где сразу вскрываются неполнота и нестрогость традиционного определения.

По новому заставляют посмотреть на задачи синтеза механизмов исследования петербургской [6] и новосибирской [7] школ специалистов. В этой статье хочется рассмотреть методику структурного синтеза механизмов, предложенной видным петербургским специалистом Пейсахом Э.Е., к сожалению, покинувшему нас недавно.

Предлагаемое им определение понятия «группа Ассура»:

группа Ассура – это группа звеньев, которая обладает следующими свойствами:

1) звенья группы образуют кинематические пары (внутренние пары группы); при этом, не менее двух звеньев группы содержат элементы кинематических пар, посредством которых эти звенья могут присоединяться к внешним, по отношению к звеньям группы, твёрдым телам, в частности, к звеньям механизма, не входящим в состав группы (внешние пары);

2) на звене, принадлежащем группе, не должно быть более одной внешней пары;

3) каждое звено группы не должно быть однопарным;

4) каждое из звеньев группы подвижно по отношению к другому её звену при условии, что хотя бы одна из внешних пар не присоединена к внешнему твёрдому телу (т.е. телу, не входящему в группу);

5) если группу присоединить внешними парами к одному твёрдому телу (напр., стойке), то число СтСв группы относительно указанного тела станет равным нулю;

6) из группы звеньев нельзя выделить (выделение проводится по кинематическим парам) подгруппу с числом звеньев меньшим, чем у группы, которая удовлетворяла бы указанным выше свойствам группы (при выделении подгруппы звеньев от рассматриваемой группы кинематические пары, в которых проводится разъединение, относятся к выделяемой подгруппе и входят в состав её внешних пар).

Конечно, бросается в глаза большая «распространённость» предлагаемого определения термина «группа Ассура», по сравнению с классическими, где выделяется всего 3 признака:

1) группа Ассура – это кинематическая цепь;

2) группа Ассура имеет нулевую подвижность относительно элементов внешних пар;

3) группа Ассура не должна распадаться на более простые кинематические цепи, удовлетворяющие предыдущему условию.

В то же время этот «объёмный избыток», а точнее недостаток, покрывается с лихвой математической строгостью и полнотой нового определения. Возможно, что дальнейшее разви-

тие теоретических и терминологических исследований в этом направлении позволит придать определению краткость с сохранением аксиоматической достоверности. Решение терминологических проблем, наряду с решением проблем интеграции знаний и созданием базы «опережающих знаний», а также широким внедрением компьютерного моделирования [8-10], безусловно даст студентам возможность полнее усваивать учебный материал на современном уровне развития науки и техники.

Если ввести обозначения: n – число звеньев ассуровой группы; p – число кинематических пар группы; r – число внешних пар группы Ассура (называемое порядком группы); m – число замкнутых взаимно независимых контуров в группе; n_2, n_3, n_4, \dots – число 2-парных, 3-парных, 4-парных, ... звеньев; k – целое положительное число.

Плоские группы Ассура, выделяемые при структурном анализе рычажных механизмов с вращательными парами, будут иметь следующие характерные признаки:

1) число звеньев группы $n = 2k$;

2) кинематическую пару и только одну (т.е. один шарнир) могут образовывать друг с другом два звена группы;

3) если в группе имеется четыре или более звеньев, то не должны присоединяться друг с другом два 2-шарнирных звена;

4) если в группе имеется два внешних шарнира и четыре или более звеньев, то ни одно из двух звеньев, содержащих внешний шарнир, не может быть 2-шарнирным звеном;

5) замкнутый контур, состоящий из звеньев группы, должен содержать 4 или более звеньев;

6) число кинематических пар (шарниров) на одном звене (включая и внешний шарнир, если таковой имеется) не может превышать $k + 1$;

7) число кинематических пар (шарниров) группы $p = 3k$;

8) число внешних кинематических пар (шарниров) группы $r = 3n - [2n_2 + 3n_3 + \dots + (k+1)n_{k+1}]$ и может иметь любое значение от 2 до $k + 1$;

9) число замкнутых взаимно независимых контуров в группе $m = k + 1 - r$;

10) число звеньев \underline{n} в любой подгруппе, входящей в группу, и число внутренних кинематических пар (шарниров) \underline{p} , образуемых этими звеньями между собой, должны удовлетворить условию: $3\underline{n} - 2\underline{p} > 3$ (здесь: $2 \leq n' \leq n$);

11) от группы нельзя отделить подгруппу с числом звеньев меньшим, чем у группы, которая удовлетворяла бы указанным выше свойствам группы (шарниры, в которых производится

разъединение, относятся к отделяемой подгруппе).

Как предполагает автор [6], 11 данных свойств плоских групп Ассур с вращательными парами вполне достаточны для того, чтобы на их основе разрабатывать алгоритм структурного синтеза всех таких групп с заданным числом звеньев n ($n = 2, 4, 6, 8, \dots$). Отметим, что эти свойства органически вытекают из определения группы Ассур и элементарных геометрических и топологических свойств плоских фигур.

Предлагаемое определение термина «группа Ассур» и перечень свойств позволит студентам подойти к задачам структурного анализа и синтеза механизмов более подготовленными, на современном уровне развития наших знаний и технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артоболевский И.И. Курс теории механизмов и машин // М. ОГИЗ, Гостехиздат. 1945. 450 с.
2. Ассур Л.В. Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации // М. Изд. АН СССР. 1952. 592 с.
3. Добровольский В.В. Основные принципы рациональной классификации механизмов // В кн.: Добровольский В. В., Артоболевский И. И. Структура и классификация механизмов. М.-Л. Изд-во АН СССР. 1939. С. 5-48.
4. Баранов Г.Г. Классификация, строение, кинематика и кинетостатика механизмов с парами первого рода // АН СССР. Труды семинара по теории машин и механизмов. 1952. том 2, вып. 46. С. 15-39.
5. Тартаковский И.И. Неразложимые статически определимые фермы и группы наслоения механизмов // Киев. Прикладная механика. том XIX, № 11. 1983. С. 105– 110.
6. Пейсах Э.Е. // ТММ. С.-Пб, СПбГПУ. 2007. №1. С. 5-17.
7. Дворников Л.Т. // ТММ. С.-Пб. СПбГПУ. 2004. №2. С. 3-17.
8. Мкртычев О. В. Проблемы обучения студентов компьютерному моделированию при изучении дисциплин «теоретическая механика» и «теория механизмов и машин» // Вестник Белгородского государственного технологического университета им В.Г.Шухова. 2012. № 2. С.211-214.
9. Мкртычев О. В. Компьютерные технологии в преподавании ТММ – цель или средство? // Современное машиностроение – наука и образование. Под ред. Радкевича М.М., Евграфова А.Н. СПб. 2012. С.96-102.
10. Мкртычев О. В. Компьютерное моделирование при кинематическом анализе плоских механизмов // ТММ СПбГТУ. №1. 2012. С. 46-53.