

ния в них только шарниров (одноподвижных пар p_5), когда $p_1=0$, $p_2=0$, $p_3=0$ и $p_4=0$. Таким образом, запишем формулы (2) - (5) с учетом поставленных условий в виде

$$W_0 = 6n - 5p_5,$$

$$W_1 = 5n - 4p_5,$$

$$W_2 = 4n - 3p_5,$$

$$W_3 = 3n - 2p_5,$$

$$W_4 = 2n - p_5.$$

При введении $W=0$ в каждое из полученных уравнений определим зависимости между минимальным числом звеньев n и шарниров p_5 ГНП. Так для нулевого семейства получим $n = \frac{5p_5}{6}$, для первого $n = \frac{4p_5}{5}$, для второго $n = \frac{3p_5}{4}$ и для третьего $n = \frac{2p_5}{3}$. Тогда из найденных зависимостей минимальными значениями для n и p_5 будут соответственно в нулевом семействе - $n=5$ и $p_5=6$, в первом семействе - $n=4$ и $p_5=5$, во втором семействе - $n=3$ и $p_5=4$ и в третьем семействе - $n=2$ и $p_5=3$. Тогда, при соединении ГНП с ведущим звеном механизма, получим для систем с $W=1$ в нулевом семействе - $n=6$ и $p_5=7$, в первом семействе - $n=5$ и $p_5=6$, во втором семействе - $n=4$ и $p_5=5$, в третьем семействе - $n=3$ и $p_5=4$.

По полученным параметрам приведем на рис. 3-6 шарнирные механизмы нулевого, первого, второго и третьего семейств.

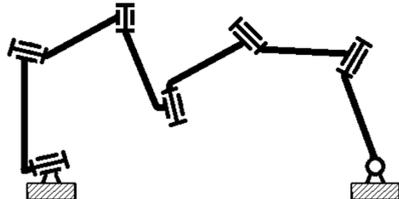


Рис. 3. Пространственный семизвеньевой механизм нулевого семейства

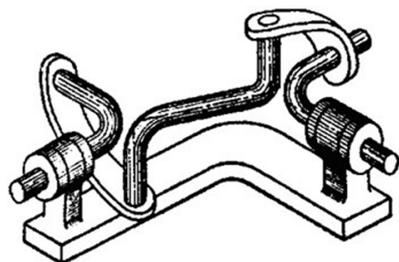


Рис. 4. Механизм двойного универсального шарнира первого семейства [3]

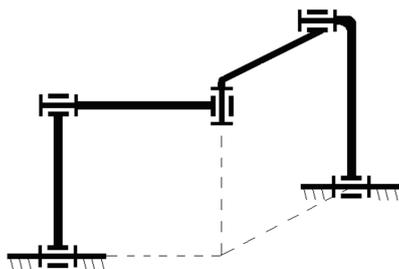


Рис. 5. Пространственный пятизвеновик второго семейства [4]

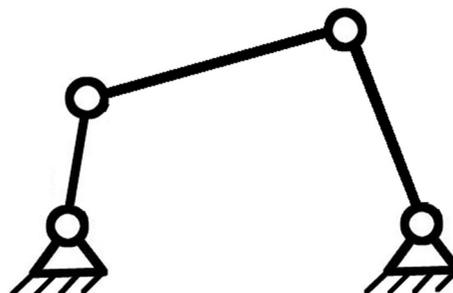


Рис. 6. Шарнирный четырехзвеновик третьего семейства

Таким образом, шарнирные механизмы могут быть созданы во всех семействах кроме четвертого. Простейшими механизмами являются в нулевом семействе – семизвеньевой, в первом – шестизвеньевой, во втором – пятизвеньевой и в третьем – четырехзвеньевой. Более сложные механизмы могут быть синтезированы путем последовательного наложения ГНП. При этом могут быть созданы и неодносемейственные шарнирные механизмы при соединении цепей разных семейств.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ и Германской службы академических обменов DAAD в рамках программы «Михаил Ломоносов»

Список литературы

1. Артоболевский, И.И. Основы единой классификации механизмов / И.И. Артоболевский // Известия АН СССР. ОТН. 1939. Вып. 10. С. 27-40.
2. Добровольский, В.В. Основные принципы рациональной классификации механизмов / В.В. Добровольский // Структура и классификация механизмов. М.; Л.: Издательство АН СССР. 1939. С. 5-48.
3. Артоболевский, И.И. Механизмы в современной технике: Справочное пособие. В 7 томах. Т.П: Рычажные механизмы [Текст] / И.И. Артоболевский. 2-е изд., перераб. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1971. 1008 с.
4. Фомин, А.С. Разработка методов структурного синтеза, кинематического и кинетостатического анализа механизмов второго семейства: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.18 / Фомин Алексей Сергеевич; Омский гос. техн. ун-т. Омск, 2013. 20 с.

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ НЕОДНОСЕМЕЙСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА

Фомин А.С., Парамонов М.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Российская Федерация, alexey-nvkz@mail.ru

В настоящей работе обосновывается устройство и принцип действия пятизвенового винто-рычажного механизма [1], показанного на рис. 1.

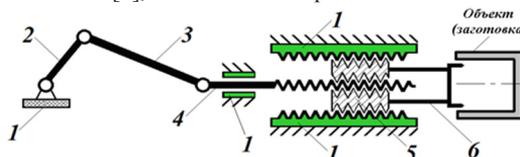


Рис. 1. Кинематическая схема пятизвенового винто-рычажного механизма

Механизм состоит из стойки 1, кривошипа 2, шатуна 3, винта 4 и гайки 5, выполненной за одно целое со схватом 6. Принцип работы механизма заключается в следующем. Задавая вращение кривошипу 2 (входное звено), шатун 3 передаст движение винту 4, который, накручивая на себя гайку 5 (выходное звено), приведет ее в движение. Схват 6, жестко установленный на гайке 5, служит для перемещения или поворота объекта (заготовки) на требуемый угол, который всегда может быть определен через шаг резьбы винта. Винто-рычажный пятизвеновый механизм может быть также приме-

нен при обработке внутренних поверхностей, где обрабатываемому элементу должно быть задано движение по винтовой траектории. В этом случае вместо схвата 6 на гайке должен быть установлен резец.

Рассматриваемый механизм относится к неодносемейственным [2]. В нем звенья 1, 2, 3 и 4 образуют кривошипно-ползунный механизм третьего семейства, подвижность которого определится по формуле [3, стр. 85, формула (3.8)], как

$$W_3 = 3n - 2p_5 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 9 - 8 = 1.$$

Звено 5 образует однозвенную группу нулевой подвижности ($W_4 = 0$) четвертого семейства, которая через винтовую пару 4-5 присоединяется к кривошипно-ползунному механизму, а через пару 5-1 – к стойке.

Подвижность этой группы найдем по формуле [3, стр. 85, формула (3.9)]

$$W_4 = 2n - p_5 = 2 \cdot 1 - 1 \cdot 2 = 0.$$

Таким образом, общая подвижность механизма оказывается равной

$$W = W_3 + W_4 = 1 + 0 = 1.$$

Полученный результат гарантирует достаточность задания движения любому из звеньев механизма, чтобы вся система начала двигаться определенно.

В системе автоматизированного проектирования T-FLEX-CAD 3D была разработана трехмерная параметрическая модель механизма, представленная на рис. 2.

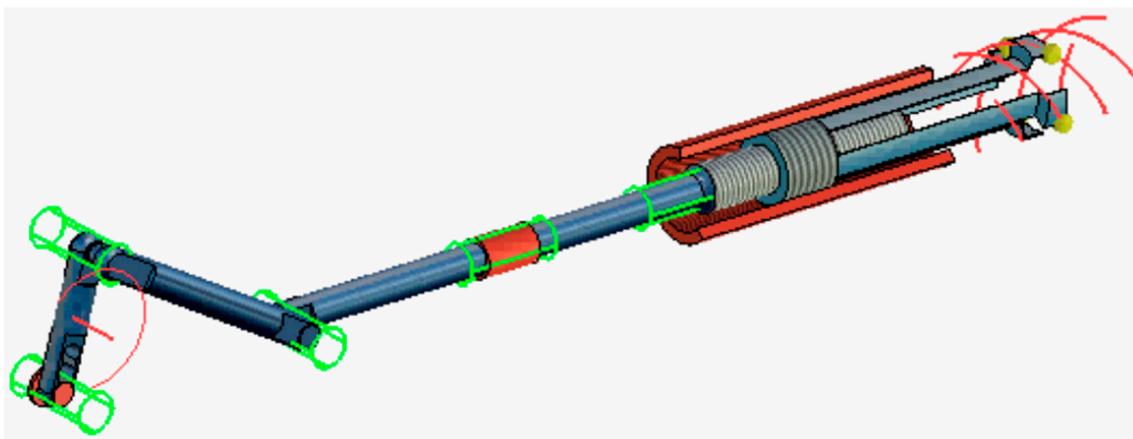


Рис. 2. Трехмерная модель пятизвенного винто-рычажного механизма

Разработанная трехмерная модель позволяет не только подобрать параметры механизма и выявить траекторию движения выходного звена, но и решить другую важную задачу, а именно, по заданному движению выходного звена подобрать параметры механизма. Угол поворота выходного звена может регулироваться путем изменения шага резьбы винта.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ и Германской службы академических обменов DAAD в рамках программы «Михаил Ломоносов»

Список литературы

1. Пат. № 141622 U1 Российская Федерация, МПК F16H21/00, F16H21/46. Винто-рычажный пятизвенный механизм / Фомин А.С., Пармонов М.Е., Фомин М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет». № 2013141739; заяв. 10.09.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16 – 1 с.; 1 ил.
2. Дворников Л.Т. Проблемы исследования неодносемейственных механизмов / Л.Т. Дворников // Материалы шестой научно-практической конференции по проблемам машиностроения металлургических и горных машин / Сибирская государственная горно-металлургическая академия. Новокузнецк, 1997. 127 с. С. 14-19.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов [Текст] / И.И. Артоболевский. Изд-во «Наука», гл. редакция физ.-мат. лит.-ры, 1965, 776 с.

ВЫВОД ФОРМУЛЫ ДОБРОВОЛЬСКОГО ДЛЯ СВОБОДНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Яскевич О.М.

Сибирский государственный индустриальный университет
Новокузнецк, Россия, yaskevich_omt@mail.ru

Универсальная формула определения подвижности кинематической цепи, выведенная Добровольским в 1936 г. [1], имеет вид

$$W = (6 - m)n - \sum (k - m)p_k, \quad (1)$$

где W – подвижность механической цепи, n – число подвижных звеньев цепи, k – класс кинематических пар, $k = 1, 2, 3, 4, 5$ (пары 5 класса – одноподвижные).

В формуле (1) Добровольским введен параметр m в виде целого положительного числа, которое определяет количество общих накладываемых на всю механическую систему связей. Этот параметр может изменяться от $m = 0$ до $m = 4$ и быть только целочисленным и положительным. По предложению академика Артоболевского И.И. в зависимости от m механизмы различаются по семействам. Всего семейств механизмов пять: нулевое семейство ($m = 0$), первое ($m = 1$), второе ($m = 2$), третье ($m = 3$), и четвертое семейство ($m = 4$).

Формула подвижности (1) составлена для случая, когда движение звеньев рассматривается относительно неподвижного звена – стойки.

В случае, когда стойка не определена и входит в общее число звеньев, известен метод синтеза свободных замкнутых цепей, предложенный М. Грюблером [2, 3], который применяется при проектировании плоских рычажных механизмов. Подвижность таких цепей записана Грюблером в виде

$$3n - 2p_5 = 4, \quad (2)$$

здесь n – общее число звеньев, соотносится с n по Добровольскому как $n = n + 1$.

Четверка, стоящая в правой части формулы (2) определяет возможность трех движений всей цепи в плоском пространстве ППВ и дополнительное независимое относительное движение звеньев цепи. Остановка любого из звеньев свободной замкнутой цепи организует одноподвижный механизм.

Описанный выше метод Грюблера может быть развит на механизмы всех пяти семейств. Для этого, рассматриваемую кинематическую цепь освободим от неподвижной стойки, т.е. включим её – стойку в состав звеньев формулы (1). Тогда изменится число