

УДК 621

НАЧАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С ВНУТРЕННИМ ВХОДОМ

THE INITIAL MECHANISMS WITH INTERNAL ACCESS

Пережогин Леонид Анатольевич

кандидат технических наук, доцент,
доцент 105 кафедры механики,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Коханий Андрей Федорович

старший преподаватель
105 кафедры механики,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Терехов Владимир Валерьевич

кандидат технических наук, доцент,
заведующий 105 кафедрой механики,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Божко Сергей Владимирович

кандидат технических наук, профессор,
профессор 105 кафедры механики,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Аннотация. Рассмотрены особенности структурного анализа одноподвижных замкнутых механизмов с внутренними входами. Приведены варианты компоновки структурных групп с подвижностью $W = -1$. Предложен подход для структурного анализа одноподвижных механизмов, включающих структурные группы с $W = -1$ и группы Ассура.

Ключевые слова: начальный механизм, кинематическая пара, звено, узел, кинематические цепи, одноподвижный механизм.

Perechegin Leonid Anatolich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor
of the 105th department of mechanics,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Kochanij Andrej Fedorovich

Senior teacher
105 departments of mechanics,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Terekhov Vladimir Valerevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor
of the 105th department of mechanics,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Bozhko Sergey Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences,
professor, professor of the 105th
department of mechanics,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Annotation. The features of structural analysis of single-movement closed mechanisms with internal inputs are considered. The following is the layout options structure groups with the mobility of $W = -1$. An approach for the structural analysis of single-movement mechanisms including structural groups with $W = -1$ and Assur groups is proposed.

Keywords: initial mechanism, kinematic pair, link, node, kinematic chain, single-moving mechanism.

При структурном анализе плоских механизмов, в соответствии с принципом их образования по Ассуру, механизм расчленяют на начальный механизм с подвижностью $W = 1$, и группы звеньев, подвижность W которых, после присоединения их свободных кинематических пар к стойке, равна нулю [1]. Такие кинематические цепи с нулевой степенью подвижности называют группами Ассура.

Подвижность плоских механизмов (как механизма в целом, так и любой выделенной группы звеньев) определяют по формуле Чебышева:

$$W = 3n' - 2p_1 - p_2. \quad (1)$$

где n' – число подвижных звеньев механизма (без стойки); p_2 – количество двух подвижных кинематических пар; p_1 – количество одноподвижных кинематических пар.

Поскольку начальный механизм, рассматриваемый как группа звеньев, включает в себя стойку и одно подвижное (ведущее) звено, присоединенное к стойке одноподвижной кинематической парой (рис. 1, а, б), то в начальном механизме $n' = 1$, $p_5 = 1$, $p_4 = 0$, и его подвижность, вычисленная по формуле Чебышева, будет равна:

$$W_{нач} = 3n' - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1. \quad (2)$$



Рисунок 1 – Начальные механизмы 1-го и 2-го видов

Начальные механизмы с $W_{нач} = 1$ называют механизмами первого класса и разделяют на два вида: вращательные (1-го вида) и поступательные (2-го вида).

По определению, назначением любого механизма является преобразование заданного закона движения входного звена в требуемое движение выходного. Чтобы такое преобразование было строго однозначным, плоский механизм должен иметь степень подвижности $W_{мех} = 1$. Исходя из этого, при определении степени подвижности механизма в целом можно руководствоваться соотношением:

$$W_{мех} = W_{нач} + \sum W_{зв} . \quad (3)$$

Если все присоединяемые к механизму структурные группы звеньев являются группами Ассур (а любая группа Ассур имеет нулевую подвижность), то, поскольку, $\sum W_{зв} = 0$, из (3) получим: $W_{мех} = W_{нач}$.

В этой формуле подразумевается, что начальный механизм должен иметь подвижность $W_{нач} = 1$.

Однако в технике применяются и такие механизмы, в которых не удается вычленить управляющее звено, являющееся в точном смысле классическим начальным механизмом с подвижностью $W_{нач} = 1$.

Простейшим примером такого механизма является используемый в авиации гидравлический механизм управления элеронами. Схематично он изображен на рис. 2.

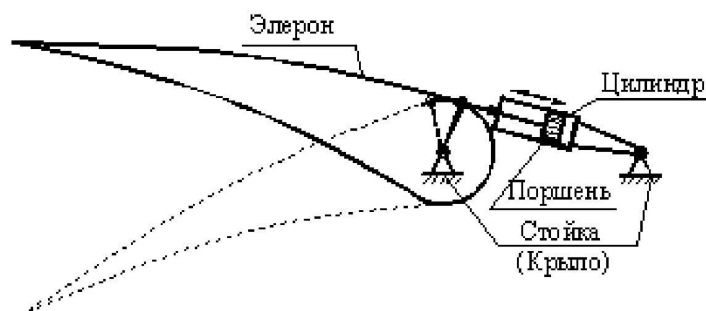


Рисунок 2 – Механизм управления элеронами

Структурную схему этого механизма можно представить в двух вариантах (рис. 3). На схеме а) явно показано, что поступательная пара образована цилиндром и поршнем, а на схеме б) эта поступательная кинематическая пара показана в классическом, общепринятом варианте [1].

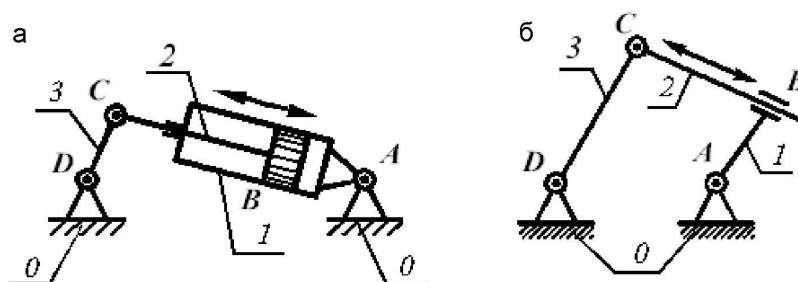


Рисунок 3 – Варианты представления кинематической схемы механизма управления элеронами

Данный механизм включает стойку 0, три подвижных звена 1, 2, 3 (два коромысла 1 и 3 и шатун 2) и четыре одноподвижные кинематические пары (три вращательных A , C и D и одну поступательную – B). Степень подвижности этого механизма, определяемая по формуле Чебышева, будет равна: $W_{мех} = 3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 - p_2 - 2 \cdot p_5 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$.

Выполняя структурный анализ классической схемы б) в ней можно вычленить группу Ассура II класса, второго вида, 2-го порядка и начальный (вращательный) механизм первого вида, что показано на рисунке 4.

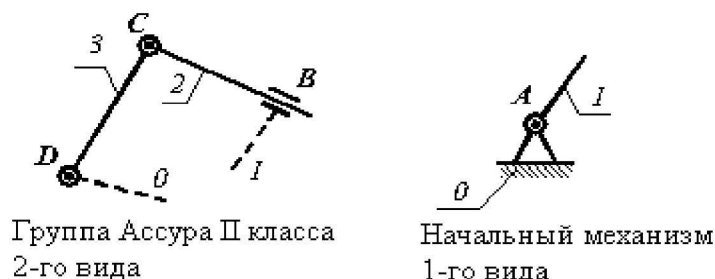


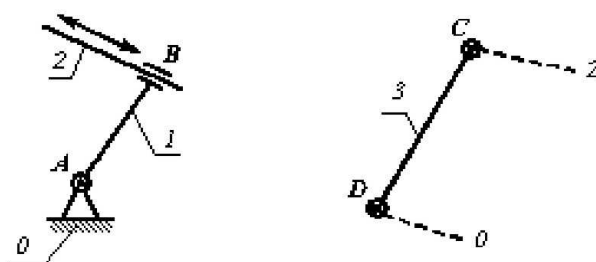
Рисунок 4 – Механизм, расчлененный на группу Ассура и начальный механизм

Однако такое, теоретически безупречное, расчленение механизма на группу Ассура с $W_{Асс} = 0$ и начальный механизм первого вида с $W_{нач} = 1$ в реальности невозможно, поскольку звенья 1 и 2 составляют неразделяемый узел – цилиндр с поршнем.

Таким же неразделяемым узлом будет, например, линейный электродвигатель, в котором якорь совершает возвратно-поступательные движения относительно статора.

Когда для привода механизмов используются подобные узлы с управляющим поступательным движением, то выделить в них классический одноподвижный начальный механизм не представляется возможным. Такие механизмы называют механизмами с внутренним входом [3]. Если одно из звеньев приводного узла с поступательным движением присоединено непосредственно к стойке механизма, а второе – к другим звеньям, составляющим механизм, то такой приводной узел можно назвать начальным механизмом с внутренним входом. Он может быть присоединен к стойке как вращательной, так и поступательной кинематической парой.

Возвращаясь к рассматриваемому примеру механизма управления элеронами видим, что единственно возможным, соответствующий реальности, способом его расчленения является отделение от него начального механизма с внутренним входом, состоящего из звеньев 1 и 2, и оставшееся звено 3, что и показано на рисунке 5.



Начальный механизм с внутренним входом

Отделенное от исходного механизма звено 3

Рисунок 5 – Механизм, расчлененный на начальный механизм с внутренним входом и отдельное звено

Оценивая степень подвижности отделенных групп звеньев получим:

– для начального механизма с внутренним входом:

$$W_{нач} = 3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 - p_2 - 2 \cdot p_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 = 2;$$

– для отдельно взятого звена 3:

$$W_{зв} = 3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 - p_2 - 2 \cdot p_5 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 2 = -1.$$

Степень подвижности всего механизма по (3) будет равна:

$$W_{\text{мех}} = W_{\text{нач}} + \sum W_{\text{зв}} = 2 + (-1) = 1,$$

где $\sum W_{\text{зв}}$ – суммарная подвижность звеньев, присоединяемых к начальному звену.

Поскольку основным условием работоспособности механизма является значение $W_{\text{мех}}=1$, то, если у начального механизма $W_{\text{нач}} = 2$, суммарная подвижность всех присоединяемых к нему кинематических цепей должна иметь значение $\sum W_{\text{зв}} = -1$.

Полагая, что в механизме, отделенном от первичного звена с внутренним входом, нет двухподвижных кинематических пар (т.е. что $p_2 = 0$), а подвижность всех присоединенных к такому начальному звену групп звеньев $\sum W_{\text{зв}} = -1$, то, применив формулу Чебышева, получим уравнение для любой кинематической цепи с подвижностью $W = -1$, связывающее число входящих в нее подвижных звеньев n' и число одноподвижных кинематических пар p_1 : $3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 = -1$.

Это уравнение удовлетворяется для ряда пар значений параметров n' и p_1 : $n' = 1, p_1 = 2$; $n' = 3, p_1 = 5$; $n' = 5, p_1 = 8$ и т.д.

Любая кинематическая цепь, один из поводков которой будет присоединен к начальному звену с внутренним входом, а остальные – к стойке, удовлетворяющая приведенным парам значений n' и p_1 , образует полноценный одноподвижный механизм.

Варианты кинематических цепей с вращательными кинематическими парами, имеющие подвижность $W = -1$, приведены на рисунке 6.

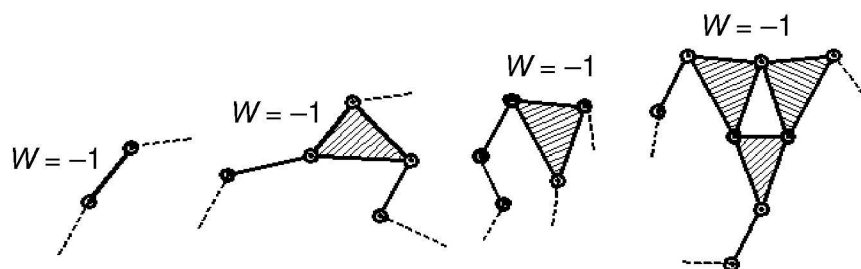


Рисунок 6 – Кинематические цепи с подвижностью $W = -1$

В реальном механизме к таким кинематическим цепям при необходимости могут быть присоединены и группы Ассура.

Для примера выполним структурный анализ механизма, приведенного на рисунке 7.

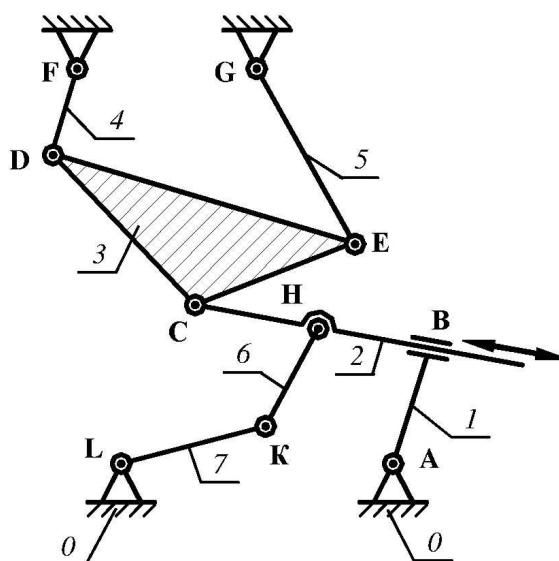


Рисунок 7 – Механизм с внутренним входом

Этот механизм включает 7 подвижных звеньев, обозначенных на кинематической схеме цифрами от 1 до 7 и 10 неподвижных кинематических пар $A \dots L$, из которых одна (B) поступательная, а 9 – вращательные. Оценивая по формуле Чебышева степень подвижности такого механизма, получим: $W_{мех} = 3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 - p_2 - 2 \cdot p_5 = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 10 = 1$, что свидетельствует об однозначности работы механизма, т.е. о соответствии любого положения входного звена определенным положениям всех остальных подвижных звеньев.

Стрелки на схеме показывают, что работой этого механизма управляет звено 2, совершая возвратно поступательные движения относительно звена 1, присоединенного неподвижной вращательной кинематической парой к стойке. Из этого следует, что группа звеньев 1 и 2 составляет начальное звено с внутренним входом.

Поэтому при структурном анализе данного механизма необходимо, в первую очередь, отделить начальный механизм, состоящий из звеньев 1 и 2, который имеет подвижность $W = 2$ (рис. 8).

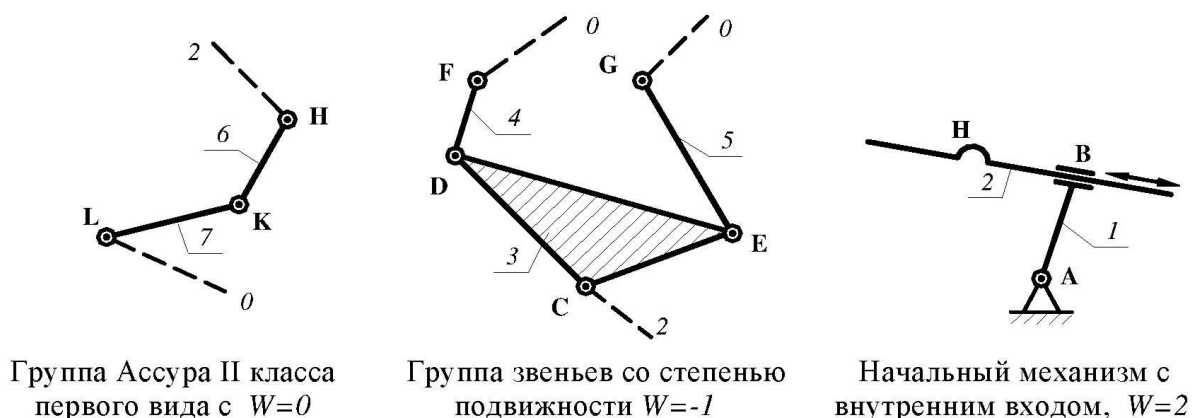


Рисунок 8 – Механизм с отделенными от него структурными группами

После этого схема распадется на две группы звеньев. Группу, состоящую из звеньев 3, 4, 5, имеющую подвижность $W = -1$ и на группу из звеньев 6, 7, являющуюся группой Ассура второго класса первого вида, подвижность которой равна нулю. При этом подвижность механизма в целом, по (3), равна: $W_{мех} = W_{нач} + \sum W_{зв} = 2 + (-1) + 0 = 1$.

Рассмотренный прием структурного анализа можно считать приемлемым для изучения механизмов, имеющих первичные механизмы с внутренним входом, которые все шире применяются в технике [2, 4], постепенно занимая в ней лидирующее положение.

Литература:

1. Артоболовский И.И. Теория механизмов и машин. – М. : Наука, 1975.
2. Крайнев А.Ф., Глазунов В.А. Новые механизмы относительного манипулирования // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1994. – № 5. – С. 106.
3. Семенов Ю.А. Применение машин и механизмов с внутренними входами // Теория механизмов и машин. – 2003. – С. 30.
4. Егоров О.Д. Конструирование механизмов роботов : учебник. – М. : ИЦ МГТУ «Станки», 2008.

References:

1. Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines. – M. : Science, 1975.
2. Krainev A.F., Glazunov V.A. New relative manipulation mechanisms / Problems of mechanical engineering and reliability of machines. – 1994. – № 5. – P. 106.
3. Semenov Y.A. The use of machines and mechanisms with internal inputs // Theory of mechanisms and machines. – 2003. – P. 30.
4. Egorov O.D. design of mechanisms of robots : textbook. – M. : IC MSTU «Stankin», 2008.