

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 27

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
16 – 17 мая 2023 г.*

ЧАСТЬ IV

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2023**

[Электронный ресурс]: учеб.пособие / М. А. Москаленко, И. Б. Друзь, А. Д. Москаленко. – Электрон.дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 240 с.

3. Генеральный план и транспорт промышленных предприятий [Электронный ресурс]: учебник / Б.Ф. Шаульский и др.; под ред. Б.Ф. Шаульского. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 398 с.

4 . Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: <http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp> – Режим доступа: для авторизир. Пользователей/

5 . Электронная библиотека УМЦ ЖДТ/ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. – URL: <https://umczdt.ru/books/>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

УДК 621.967.1

К ПРОБЛЕМЕ УСТРАНЕНИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ СВЯЗЕЙ В РЫЧАЖНОМ МЕХАНИЗМЕ КАНТОВАТЕЛЯ

Катан В.И., Баклушина И.С., Гудимова Л.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: katanvladimir@mail.ru*

В настоящее время особое место в структуре дальнейшего развития и нашего региона, и страны в целом развитие машиностроительной отрасли. Невозможно найти хоть какую-нибудь отрасль промышленности, где не используются механизмы, от самых простых до наисложнейших. Задача нового поколения молодых ученых механиков освоить новые методы создания механизмов, обеспечивающих требования современных технологий. В работы представлен новый метод создания структуры исполнительно механизма кантователя, путем исключения в ней избыточных связей.

Ключевые слова: плоский рычажный механизм, кинематические цепи, безизбыточные связи, структурная формула подвижности, класс кинематической пары, число независимых движений.

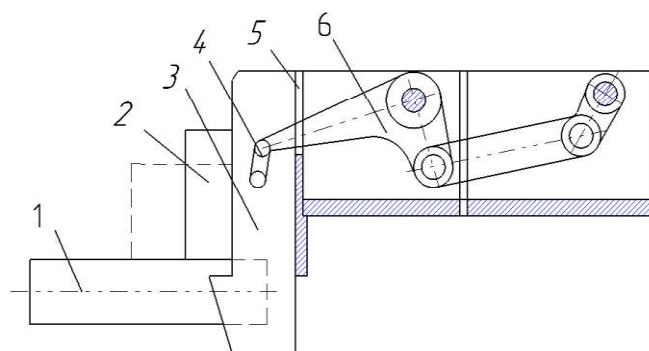
Одной из задач современного машиностроения является задача создания механизмов, позволяющих улучшить такие их характеристики, которые позволят уменьшить энергетические затраты в производственном процессе, увеличить коэффициент полезного действия, срок службы и др. Одним из способов решения этой проблемы является создание самоустанавливающихся механизмов, в которых отсутствуют избыточные связи.

Отметим что впервые о вредном влиянии этих связей на работу механизмов, не относящихся к механизмам ненулевого семейства, указал в 1939г. профессор Добровольский В.В.. В своей работе [1] он назвал их «пассивными», однако приведенные формулы для определения их числа

указывают на то, что речь идет именно об избыточных связях. В 1962 г. профессор Н.И. Колчин продолжил рассмотрение возникновения таких связей в механических системах и ввел понятие «избыточных» связей, которое наиболее точно определяют их физическую сущность и используется исследователями и по настоящее время [2].

Около пятидесяти лет назад, профессором Л.Н. Решетовым [3] была обоснована необходимость исключения избыточных связей и решена задача создания самоустанавливающихся механизмов. Однако предложенный алгоритм решения в [3] не получил широко применения, полное обоснование, поясняющее причину представлено в работе [4].

В настоящей работе предпринята попытка исключения избыточных связей в структуре исполнительного механизма кантователя. Этот механизм широко используется в линиях прокатки и служит для поворота (кантовки) прокатываемой полосы (слитка, бруса, заготовки, профиля) относительно ее продольной оси на 90° перед подачей в следующий калибр валков для обеспечения равномерного обжата металла по всему сечению. В мире существует достаточное количество различных исполнительных механизмов кантователей, на рисунке 1 приведена структура исследуемого механизма.



1 – ролик рольганга; 2 – кантуемая полоса; 3 – крюк кантователя;
4 – тяга; 5 – линейка; 6 – рычаг опрокидывателя

Рисунок 1 – Рабочая схема крюкового кантователя

Структурный анализ рычажного механизма кантователя (рисунок 1) показывает, что он относится к механизмам третьего семейства ($m = 3$), его подвижность по формуле П.Л. Чебышёва

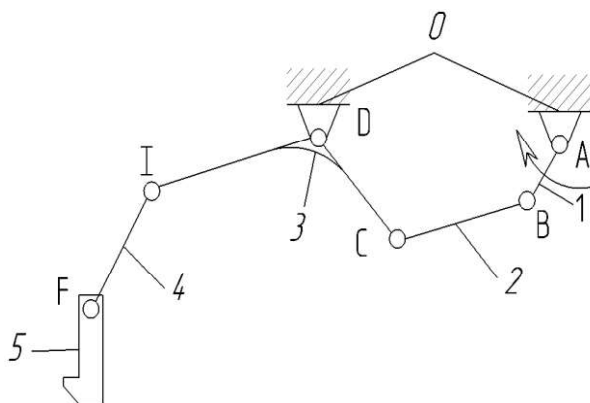
$$W = 3n - 2p_5 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1, \quad (1)$$

где n – число подвижных звеньев ($n = 5$),

p_5 – число кинематических пар пятого класса, шарниров ($p_5 = 7$).

Анализ структурной формулы, согласно представленной на рисунке 2 схема механизма записывается так: $I(1) \rightarrow I(1) \rightarrow II(2, 3) \rightarrow II(4, 5)$, что определяет формирование механизма, по которому к ведущему звену, кривошину (1) присоединяются две диады, состоящих из звеньев (2, 3) и (4, 5). Звено 5 будучи "крюком" в данном механизме является исполнительным звеном, выполняющее возвратно поступательное движение тем самым

обеспечивающие кантовку заготовок при работе машины, поэтому по теории механизмов и машин является ползуном.



0 – стойка, 1 – кривошип, 2, 3, 4 – промежуточные шатуны,
5 – исполнительное звено

Рисунок 2 – Кинематическая схема крюкового кантователя

Согласно [4-6] устранять избыточные связи в плоских механизмах можно путём замены одноподвижных соединений на кинематические пары высших классов, в настоящей работе используется простейший метод, метод перебора.

В кинематической схеме исследуемого механизма (рисунок 2) присутствуют только пары пятого класса, а именно шесть вращательных ($p_{5в} = 6$) и одна поступательная ($p_{5п} = 1$).

Определим число избыточных связей в шарнирном механизме по формуле, полученной и обоснованной в [5]

$$q = 5p_5 + 4p_4 + 3p_3 + 2p_2 + p_1 - (6n - W). \quad (2)$$

Подставляя в (2) значения параметров исследуемого механизма определяем, что

$$q = 5 \cdot 7 - (6 \cdot 5 - 1) = 6, \quad (3)$$

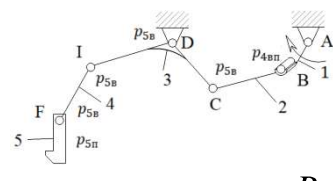
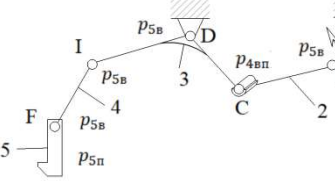
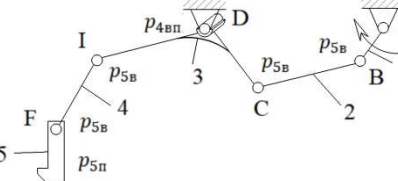
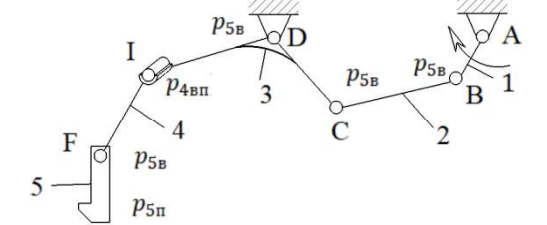
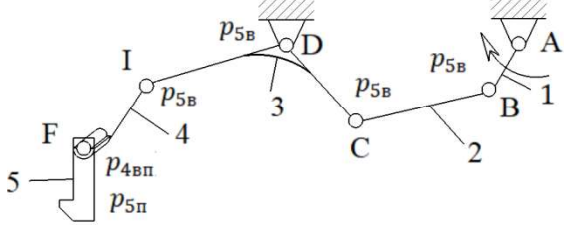
т.е. в исследуемом механизме присутствуют шесть избыточных связей.

Рассмотрим варианты замены шарнира $p_{5в}$ на двухподвижную пару ($p_{4вп}$). С учётом поставленной задачи в создаваемых схемах должны будут присутствовать кинематические пары пятого и четвертого классов, тогда формула (2) преобразуется к виду:

$$q = 5 \cdot 6 + 4 \cdot 1 - (6 \cdot 5 - 1) = 5. \quad (4)$$

Из формулы видно, что число q уменьшилось до пяти. Рассмотрим влияние на число избыточных связей в структуре исследуемого механизма при различном расположении пары четвертого класса. Оставляя расположение пары $p_{5п}$ неизменными для исполнительного звена, получаем пять вариантов, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Замена одного плоского шарнира $p_{5в}$, на пару $(p_{4вп})$

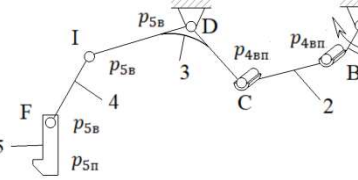
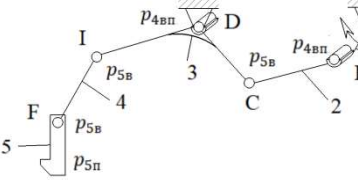
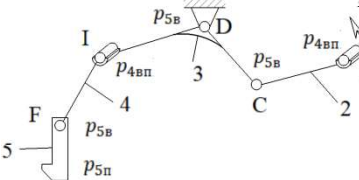
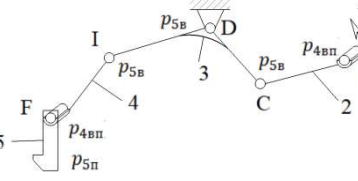
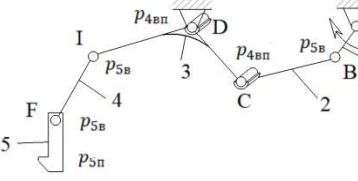
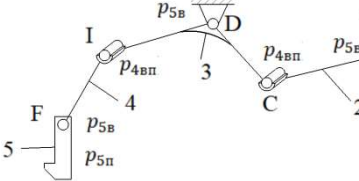
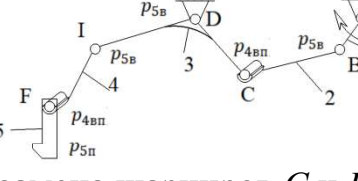
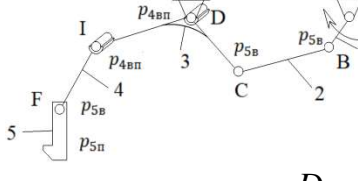
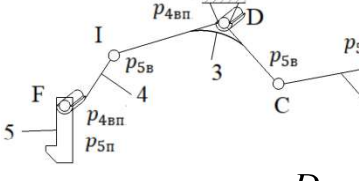
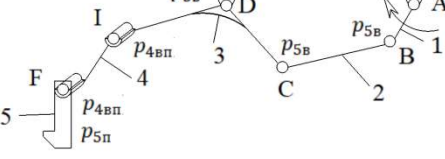
 замена шарнира B	 замена шарнира C	 замена шарнира D
 замена шарнира I	 замена шарнира F	

Введение двух двухподвижных пар $(p_{4вп})$ даёт решение при котором число избыточных связей уменьшается до четырех

$$q = 5 \cdot 5 + 4 \cdot 2 - (6 \cdot 5 - 1) = 4. \quad (5)$$

Результаты построения показаны в таблице 2. Отличающихся друг от друга схем синтезировано десяти вариантов.

Таблица 2 – Замена двух шарниров $p_{5в}$ на двухподвижные пары $(p_{4вп})$

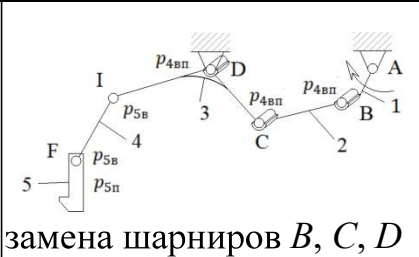
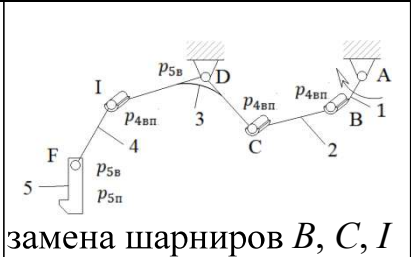
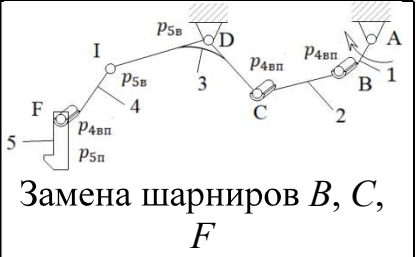
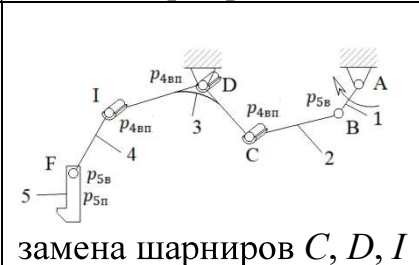
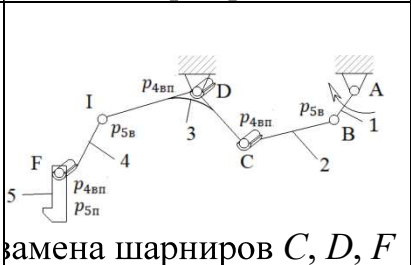
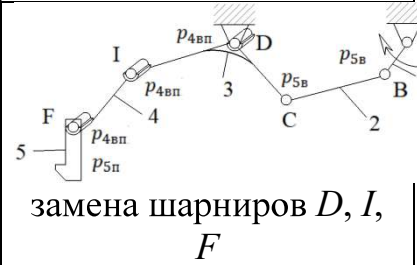
 замена шарниров B и C	 замена шарниров B и D	 замена шарниров B и I
 замена шарниров B и F	 замена шарниров C и D	 замена шарниров C и I
 замена шарниров C и F	 замена шарниров D и I	 замена шарниров D и F
 Замена шарниров I и F		

При введение трёх двухподвижных пар ($p_{4вп}$) q уменьшается в два раза

$$q = 5 \cdot 4 + 4 \cdot 3 - (6 \cdot 5 - 1) = 3. \quad (6)$$

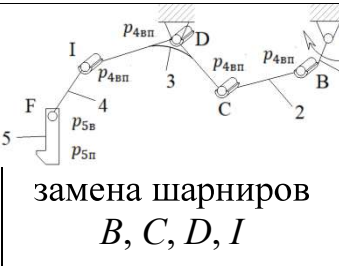
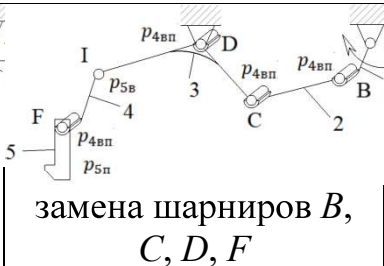
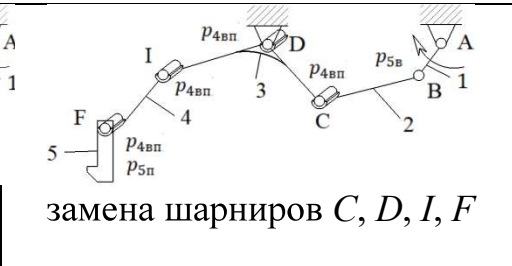
Результаты построения показаны в таблице 3. Отличающихся друг от друга схем получено шесть вариантов.

Таблица 3 – Замена трёх плоских шарниров $p_{5в}$, на двухподвижные пары ($p_{4вп}$)

 замена шарниров B, C, D	 замена шарниров B, C, I	 Замена шарниров B, C, F
 замена шарниров C, D, I	 замена шарниров C, D, F	 замена шарниров D, I, F

Используя в структуре четырех двухподвижных пар ($p_{4вп}$) даёт значение $q = 5 \cdot 3 + 4 \cdot 4 - (6 \cdot 5 - 1) = 2$, результаты расположения кинематических пар показаны в таблице 4. Отличающихся друг от друга схем синтезировано три варианта.

Таблица 4 – Замена четырех плоских шарниров $p_{5в}$, на двухподвижные пары ($p_{4вп}$)

 замена шарниров B, C, D, I	 замена шарниров B, C, D, F	 замена шарниров C, D, I, F
---	---	--

Продолжая исследование рассмотрим результаты решения при использовании пяти двухподвижных пар ВП ($p_{4вп}$), в результате $q = 5 \cdot 2 + 4 \cdot 5 - (6 \cdot 5 - 1) = 1$, кинематическая схема с расположением пар, показана на рисунке 4.

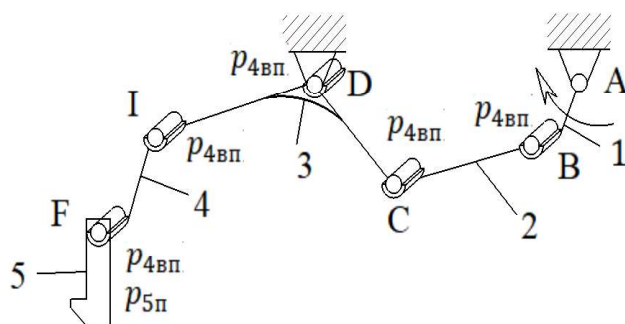


Рисунок 3 – Кинематическая схема механизма с $q = 5$

В результате проведенного исследования можно утверждать, что при использовании для замены шарниров только пар четвертого класса, невозможно полностью избавиться от избыточных связей, но возможно их существенное уменьшение. Отметим, что конструкции пар ВП при использовании определенного типа подшипников вполне реальна.

Библиографический список

1. Добровольский В.В. Система механизмов. М.: Машгиз, 1943. 96 с.
2. Колчин Н.И. Опыт построения расширенной структурной классификации механизмов и основанной на ней структурной таблицы механизмов. Анализ и синтез механизмов. Труды Второго Всесоюзного совещания по основным проблемам теории машин и механизмов. М.: Машгиз, 1960. – с. 85-97.
3. Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы. Справочник, 2-е издание переработано и дополнено, М.: Машиностроение, 1985. – 272с.
4. Гудимова Л.Н, Дворников Л.Т. Основы теории избыточности связей в механизмах. Новокузнецк, ООО Полиграфист, 2019. – 174с.
5. Гудимова Л.Н, Основы теории избыточности связей в механизмах. Л.Н. Гудимова Л.Н. Дворников Л.Т. – г. Новокузнецк: ООО Полиграфист 2018. – 174с.
6. Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. Выпуск 26. Часть II. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ.ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – 317 с.: ил. С.12-14.