

**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**

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Леммермайер Д. А., Папай В.А., Гудимова Л.Н.

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

Усовершенствование или создание нового механизма проводится по известному алгоритму, который начинается с создания структурной схемы, определяющей сложность механизма по числу звеньев, подвижности, принадлежности к определенному семейству. Правильность структуры механизма к требуемым технологическим параметрам, устанавливается на первых этапах проектирования при проведении кинематического и кинетостатического анализов. В связи с этим особое внимание необходимо уделять условному изображению структурной схемы механизма. В работе приведены исправленные схемы нескольких механизмов, применяемых в штамповочном оборудовании.

Ключевые слова: кривошипный механизм, шатун, ползун, кинематическое исследование, звено, соединения, подвижность, структура механизма.

Кривошипно-ползунные механизмы – это механизмы, служащие для преобразования вращательного движения кривошипа в поступательное движение ползуна, и наоборот, для превращения поступательного движения ползуна во вращательное движение кривошипа.

Кривошипно-ползунные механизмы широко распространены, они нашли применение в двигателях внутреннего сгорания, паровых машинах, в машинах ножницах для резки и штамповки металла, компрессорах, насосах, измерительных приборах и т. д [1].

Четырехзвенные кривошипно-ползунные механизмы являются самыми распространенными и подразделяются на два вида: аксиальный, ось вращения кривошипа лежит на линии движения ползуна и дезаксиальный, ось вращения кривошипа смещена относительно линии движения ползуна.

Во многих учебных изданиях структуры таких механизмов представлены не корректно. В работе поставлена задача исправления структурных схем исполнительных рычажных кривошипно-ползунных механизмов, применяемых в кузнечно-штамповочных автоматах, основываясь на теории и правилах науки теории механизмов и машин. Поставленная задача является важной и актуальной, особенно когда речь идет о кинематическом исследовании подобных механизмов, как в учебном процессе [2-4], так научном исследовании, так как для понимания работы механизма, последующего его изучения и анализа в первую очередь важно иметь правильно составленную структурную схему механизма.

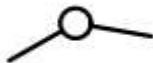
Применения рычажных механизмов обусловлено простотой конструкции, высокой надежностью, легкостью изготовления и малыми габаритами. В кузнечно-штамповочном оборудовании исполнительным механизмом, в основном, является кривошипно-ползунный механизм. В зависимости от технологических требований структура такого механизма может меняться. При выборе структуры механизма учитываются габариты, силы инерции, предназначение, стоимость обслуживания, целью такого выбора является определение размеров и положений звеньев наилучшим образом удовлетворяющих технологическим требованиям. Кривошипно-ползунные механизмы разной сложности используются в радиально-обжимных машинах, чеканочных прессах, вытяжных прессах, правильных прессах, листовых ножницах и т. д.

В учебнике под редакцией А.Н. Банкетова и Е.Н. Ланского [1] представлены следующие схемы исполнительных механизмов кривошипных прессов (рисунок 1).

Приведенные в этом издании схемы с точки зрения теории механизмов и машин составлены некорректно, что затрудняет проведение структурного анализа и дальнейшие кинематические и силовые исследования.

В ходе научного исследования была поставлена задача - исправление структурных схем механизмов, имеющих обозначения на рисунке 1 как I-1; II-1 и III-1. Покажем условные обозначения звеньев механизма, используемые при решении поставленной задачи, в таблице 1.

Таблица 1 – Условные обозначения звеньев

Элемент	Обозначение
Звено(стержень)	
Шарнирное соединение	
Неподвижно закрепленный шарнир	
Стойка ползуна	
Ползун	
Трехпарное звено	

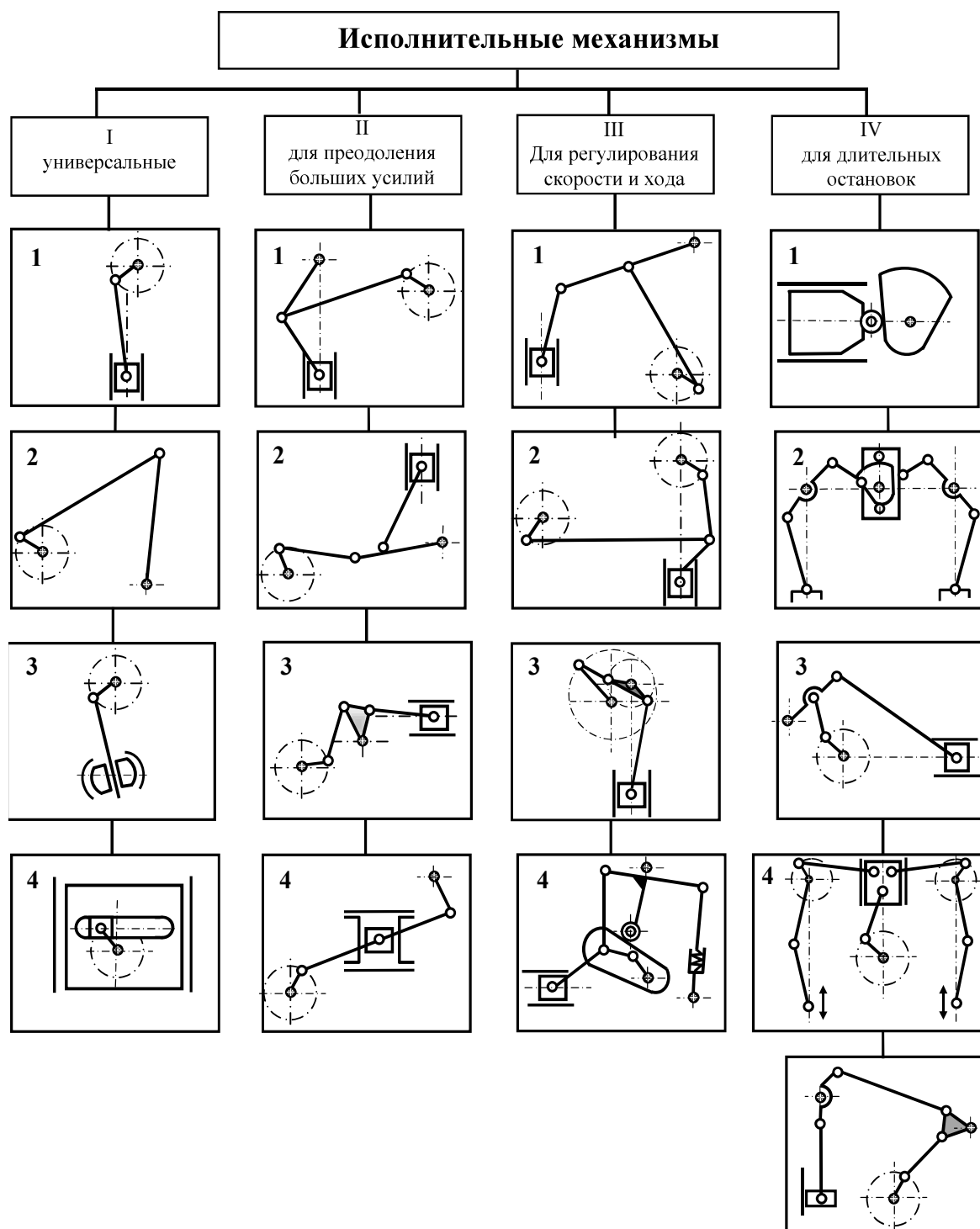


Рисунок 1 – Исполнительные механизмы кривошипных прессов

Под номером I-1 (рисунок 1) расположен механизм, являющийся дезаксиальным кривошипно-ползунным механизмом, он состоит из кривошипа – 1, шатуна – 2, ползуна – 3, стойки – 4 (рисунок 2, а). У этого механизма число подвижных звеньев $n = 3$, число одноподвижных кинематических пар $p_5 = 4$. степень подвижности, определяемая по формуле П.Л. Чебышева, $W = 3n - 2p_5 = 1$, что является доказательством работоспособности одноподвижного механизма [5, 6, 7]. Ведущим звеном

является кривошип, закон движения, направление и величина угловой скорости, как правило известны, следовательно, шарнир в точке A , необходимо обозначать так как показано на рисунке 2, а.

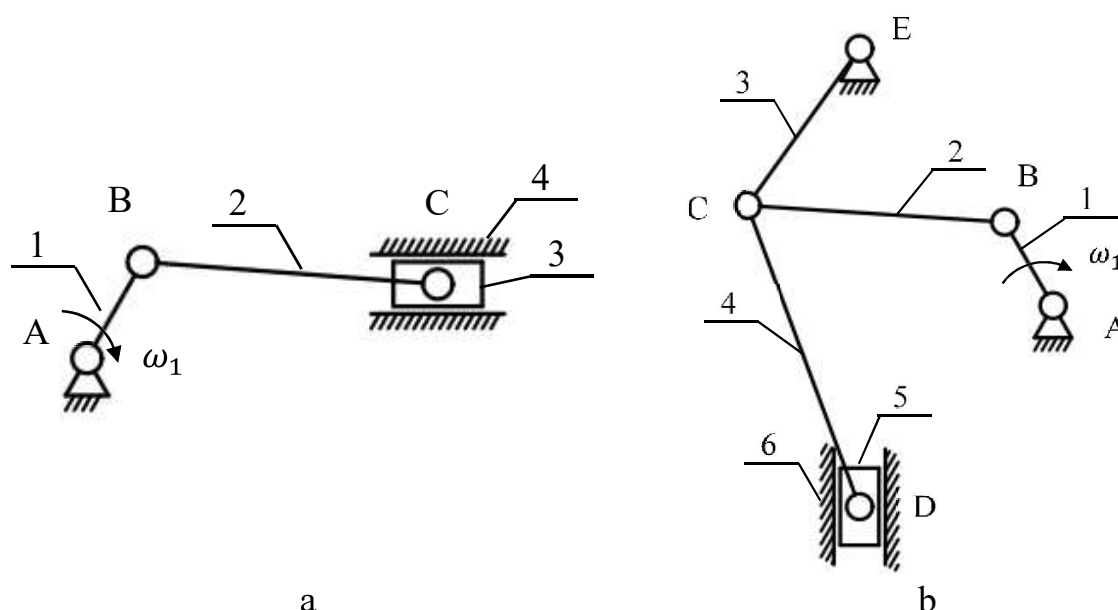


Рисунок 2 – Исправленные структурные схемы механизмов I-1 (а), II-1 (б)

Для проведения кинематического и силового анализа предварительно необходимо сделать структурный анализ механизма, т.е. выделить структурные группы Ассура, которые последовательно присоединяются к ведущему звену, например, механизм (рисунок 2, а) состоит из одной группы Ассура, диады (звенья 2, 3) и ведущего звена (1).

Механизм II-1 – это шестизвенный кривошипно-ползунный механизм, он состоит из кривошипа – 1, шатуна – 2, коромысла – 3, промежуточного шатуна – 4, ползуна – 5 и стойки – 6 (рисунок 2, б). В шарнире, обозначенном буквой C , соединяются три звена при помощи двух шарниров. Число подвижных звеньев данного механизма $n = 5$, число одноподвижных кинематических пар $p_5 = 7$ (шесть вращательных, одна поступательная), применяя формулу Чебышева, получаем подвижность $W = 3n - 2p_5 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1$. Согласно приведенному выше обоснованию шарниры, расположенные в точках A и E должны быть показаны закрепленными на стойку.

Обратимся к структуре механизма III-1. По приведенной структурной схеме в [1] (рисунок 1), правильно определить число подвижных звеньев невозможно, из-за неверного изображения коромысла, оно является трехпарным звеном (3), и должно обозначаться так как показано на рисунке 3.

Тогда становится понятно, что этот шестизвенный шарнирно-ползунный механизм, состоящий из кривошипа – 1, шатуна – 2, коромысла – 3, промежуточного шатуна – 4, ползуна – 5, стойки – 6 и его подвижность по формуле П.Л. Чебышева $W = 3n - 2p_5 = 1$. Структурный анализ механизма

позволяет утверждать, что это механизм второго класса, так как к ведущему звену (1) присоединяются две группы нулевой подвижности: первая группа (звенья 2, 3), вторая (звенья 4 и 5).

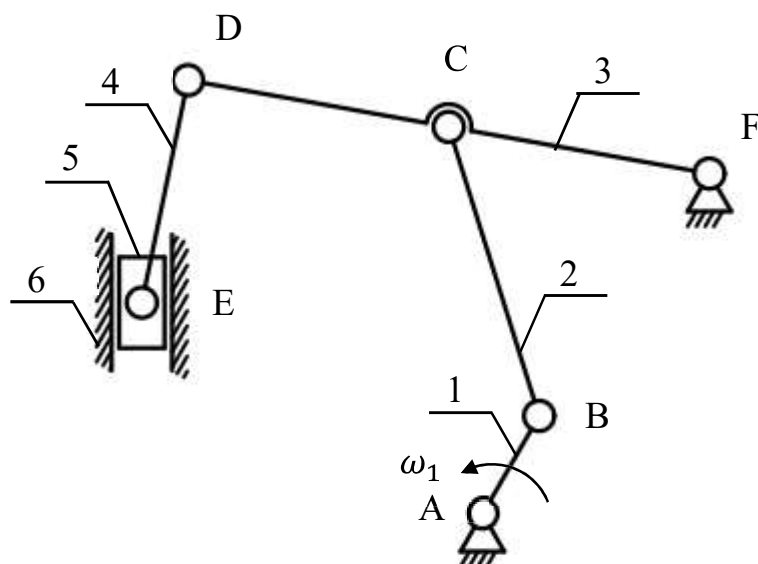


Рисунок 3 – Исправленная структурная схема механизма III-1

Одним из этапов проектирования механизмов, как было указано ранее, является кинематическое исследование, заключающееся в нахождении скоростей и ускорений всех звеньев механизма. Поэтому грамотно составленная структурная схема механизма позволит решить такую задачу без ошибок и неточностей.

Приведем пример кинематического анализ механизма III-1 (рисунок 3) графоаналитическим методом, заключающимся в графическом решении векторных уравнений [8-10], для этого, прежде всего, исследуемый механизм строится с использованием масштаба ТММ, который дает возможность построить наглядную структуру механизма с учетом всех длин звеньев. При известных значениях направления движения и величин скорости и размера ведущего звена, кривошипа, скорость точки B определяется уравнениями:

$$\begin{aligned}\overline{V_B} &= \overline{V_A} + \overline{V_{BA}}; & \overline{V_A} &= 0; \overline{V_{BA}} \perp AB \\ \overline{V_B} &= \omega_1 \cdot l_{AB}\end{aligned}$$

Графо-аналитический способ исследования предусматривает графическое построение известных скоростей, начинается оно с выбора полюса скорости. Определив скорость точки B , из полюса плана скоростей p с учетом масштабного коэффициента μ_v строится вектор скорости точки B – pb (рисунок 4, а).

Скорость точки C определяется системой уравнений относительно точки B и коромысла F :

$$\begin{cases} \overline{V_C} = \overline{V_B} + \overline{V_{CB}}; \\ \overline{V_C} = \overline{V_F} + \overline{V_{CF}}; \end{cases} \quad \begin{aligned} \overline{V_{CB}} &\perp CB \\ \overline{V_F} &= 0; \overline{V_{CF}} \perp CF \end{aligned}$$

Совместное решение этих уравнений позволяет найти скорость точки C , представленный вектором на плане - pc , где точка c получена в результате пересечения перпендикуляра CB , проведенного из точки b и перпендикуляра CF , построенного из полюса (рисунок 4, а).

Скорость точки D определяется по теореме подобия, так как точки C, F, D принадлежат одному звену:

$$\begin{aligned} \frac{\overline{fc}}{l_{FC}} &= \frac{\overline{cd}}{l_{CD}} \\ \overline{cd} &= \frac{\overline{fc} \cdot l_{CD}}{l_{FC}} \end{aligned}$$

Точка E есть кинематическая пара соединяющая 4 и 5 звенья и её скорость определяется системой уравнений

$$\begin{cases} \overline{V_E} = \overline{V_D} + \overline{V_{DE}}; \\ \overline{V_E} = \overline{V_{y-y}} + \overline{V_{EE_5}}; \end{cases} \quad \begin{aligned} \overline{V_{DE}} &\perp DE \\ \overline{V_{y-y}} &= 0; \overline{V_{EE_5}} \parallel y-y \end{aligned}$$

Скорость точки E представляет собой вектор на плане скоростей - pe , где точка e получена в результате пересечения перпендикуляра DE , проведенного из точки d и прямой $y-y$, проведенной из полюса параллельно направлению движения ползуна (рисунок 4, а).

После построения плана скоростей становится возможным определить линейные и угловые скорости всех звеньев:

$$\begin{aligned} V_C &= \overline{pc} \cdot \mu_V \\ V_D &= \overline{pd} \cdot \mu_V \\ V_E &= \overline{pe} \cdot \mu_V \\ \omega_2 &= \frac{V_{CB}}{l_{CB}} = \frac{\overline{bc} \cdot \mu_V}{l_{CB}} \\ \omega_3 &= \frac{V_D}{l_{FD}} \\ \omega_4 &= \frac{V_{DE}}{l_{DE}} = \frac{\overline{de} \cdot \mu_V}{l_{DE}} \end{aligned}$$

МАДИ, 2015. – 80 с

4. Джамай. Прикладная механика: учеб. пособие для вузов / Джамай. - М.: Дрофа, 2004.

5. Григорьев А.Ю., Молчанов Ю.С. Теория механизмов и машин. Структурный анализ механизмов: Учеб.-метод. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 30 с.

6. Коренько А. С. ТММ. Учебник для втузов. Изд.3-е, перераб.- Киев:Выща Школа, 1976.

7. Курсовое проектирование по ТММ. Уч.пособие для механ. И машиностр. Спец. вузов. Под ред. А. С. Коренько-М.-Л.:Машин-е, 1964, 1970

8. Теория механизмов и машин : учеб. пособие / А. Ю. Муйземнек, А. В. Шорин. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. – 160 с.

9. Строеение и кинематика механизмов : учеб. пособие / О. С. Дюндик ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017. – 144 с. : ил.

10. Рязанцева, И. Л. Теория механизмов и машин в вопросах и ответах: учеб. пособие / И. Л. Рязанцева. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 132 с.

УДК 621.01

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО СОЗДАНИЯ ДИАДНЫХ СТРУКТУР МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО КИНЕМАТИЧЕСКОГО И СИЛОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Каекбердин Д.Р., Манжос И.Н., Гудимова Л.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: xalk-9696@mail.ru*

В статье представлен разработанный метод построения шарнирных структурных схем механизмов с использованием программного обеспечения «Т-Flex». В основе метода заключен принцип параметризации. Такой подход к созданию структур механизмов позволяет создавать подвижную работоспособную модель для дальнейшего кинематического и кинетостатического исследований. Предлагаемый метод может быть применен для построения структур диадных механизмов любой сложности.

Ключевые слова: синтез, структура, механизм, кинематическая цепь, команды автоматизированной программы, узел

Широкое использование плоских шарнирных механизмов требует серьезного исследования траекторий движений как звеньев, так и характерных точек [1-3]. Особенно остро этот вопрос стоит при проектировании многозвенных механизмов и механизмов, имеющих в структуре изменяемый замкнутый контур. Известно, что задача синтеза механизмов может быть решена как графическим, так и аналитическим способом.

При создании структурной схемы механизма, определенного