

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

УДК 621.01

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЛАВНОГО РАБОЧЕГО МЕХАНИЗМА КРИВОШИПНОГО ПРЕССА НА БАЗЕ ПЛОСКИХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВЫСОКИХ КЛАССОВ<sup>3</sup>

*А.А. Джомартов, А.К. Тулешов, М.Ж. Куатова*

*E-mail: legsert@mail.ru*

**Институт механики и машиноведения им. У.А. Дзholdасбекова, Алматы, Казахстан**

**Аннотация.** В настоящее время широкое распространение для штамповки изделий получили кривошипные прессы с главным рабочим механизмом (ГРМ) на базе плоских рычажных механизмов II класса. Большая проблема таких прессов ГРМ – перекосы ползуна под воздействием эксцентричного приложения деформирующей силы. Перекосы ползуна ГРМ кривошипного пресса уменьшают точность штамповки, вызывают его заклинивание и приводят к его поломке. Для устранения этих проблем в работе предлагается при проектировании ГРМ кривошипных прессов использовать плоские рычажные механизмы высоких классов. Получены схемы плоских рычажных механизмов IV класса, которые предлагается использовать при проектировании новых ГРМ кривошипных прессов. Разработан новый ГРМ кривошипного пресса на базе плоского рычажного механизма IV класса и изготовлен его прототип. Проведены испытания прототипа нового ГРМ кривошипного пресса.

**Ключевые слова:** кривошипный пресс, главный рабочий механизм, рычажный механизм, группа Ассура, высокий класс.

### DESIGN OF THE MAIN WORKING MECHANISM OF A CRANK PRESS BASED ON PLAIN HIGH CLASS LINKAGES

*A.A. Jomartov, A.K. Tuleshov, M.Zh. Kuvatova*

*E-mail: legsert@mail.ru*

**Institute of Mechanics and Mechanical Engineering n.a. U.A. Dzholdasbekov, Almaty, Kazakhstan**

**Abstract.** At present, crank presses with a main working mechanism (MWM) based on flat lever mechanisms of the second class are widely used for stamping products. A big problem with such MWM presses is the misalignment of the slider under the influence of an eccentric application of deforming force. Misalignments of the MWM crank press slider reduce the stamping accuracy and cause it to jam and lead to its breakage. In the paper to eliminate these problems it is proposed to use high-class plain linkages for the design of MWM crank presses. Diagrams of class IV plain linkages were obtained for the design of new MWMs of crank presses. A new MWM for a crank press was developed on the basis of a class IV linkage and its prototype was made. The prototype of a new MWM of a crank press was tested.

**Keywords:** crank press, main operating mechanism, linkage, Assur group, high class.

---

\*Работа выполнена в рамках проекта № AP 05134959, бюджетной программы 217 «Развитие науки», подпрограммы 102 «Грантовое финансирование научных исследований» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

### Введение

Кривошипный пресс – машина, предназначенная для штамповки различных деталей [1 – 3]. Принцип действия кривошипного пресса основан на использовании кинетической энергии вращательного движения маховика, передаваемой исполнительному звену (ползуну) с помощью главного рабочего механизма (ГРМ). Обычно в кривошипных прессах используют ГРМ на базе плоских рычажных механизмов II класса [2].

Точность штамповки на кривошипных прессах является одним из важных параметров [1 – 3]. Зависит она в основном от двух факторов: перекоса ползуна под воздействием эксцентричного приложения деформирующей силы и суммарной линейной упругой деформации элементов конструкции пресса и штампов под нагрузкой, которая зависит от жесткости конструкции пресса и штампов [2]. Перекосы ползуна вызывают скос поверхности и неперпендикулярность торцов поковки, а жесткость влияет на допуски по высоте поковки. Перекосы при эксцентричном приложении нагрузки меньше у кривошипных прессов, ГРМ которых содержит два шатуна (рис. 1, а), благодаря лучшему направлению ползуна и меньшим нагрузкам на направляющие по сравнению с кривошипными прессами с ГРМ, содержащим один шатун (рис. 1, б).

Обычно место приложения силы штамповки совпадает с центром ползуна пресса. Однако из-за формы изделия или из-за способа формования во многих случаях трудно сделать центр штампа, совпадающим с центром приложения нагрузки. В

кривошипном прессе с одним шатуном ползун при смещении нагрузки имеет отклонения (рис. 1, б). В этом случае нарушается параллельность между ползуну и направляющими. Этот перекокс пропорционален величине нагрузки. Для уменьшения перекосов ползуна необходимо уменьшить эксцентриситет прикладываемой нагрузки или увеличить мощность пресса [1 – 3].

У кривошипного пресса с двумя кривошипами, эффект от смещения нагрузки меньше по сравнению с однокривошипным прессом. Для штамповки изделий, требующих точности, одной из причин использования пресса с двумя кривошипами является лучшая переносимость эксцентрической нагрузки.

Кривошипные прессы с ГРМ с двумя шатунами имеют преимущество по сравнению с прессами с ГРМ с одним шатуном, благодаря лучшему распределению сил на ползун и меньшим нагрузкам на направляющие ползуна. Недостатками типовых ГРМ кривошипных прессов с двумя шатунами являются сложность конструкции, увеличение габаритов, металлоемкость из-за наличия дополнительного кривошипа и шатуна.

В связи с этим выбор структурной схемы рычажного механизма для проектирования ГРМ кривошипного пресса является важной задачей. Для выбора структурной схемы ГРМ кривошипного пресса с двумя шатунами и одним кривошипом используют плоские рычажные механизмы высоких классов.

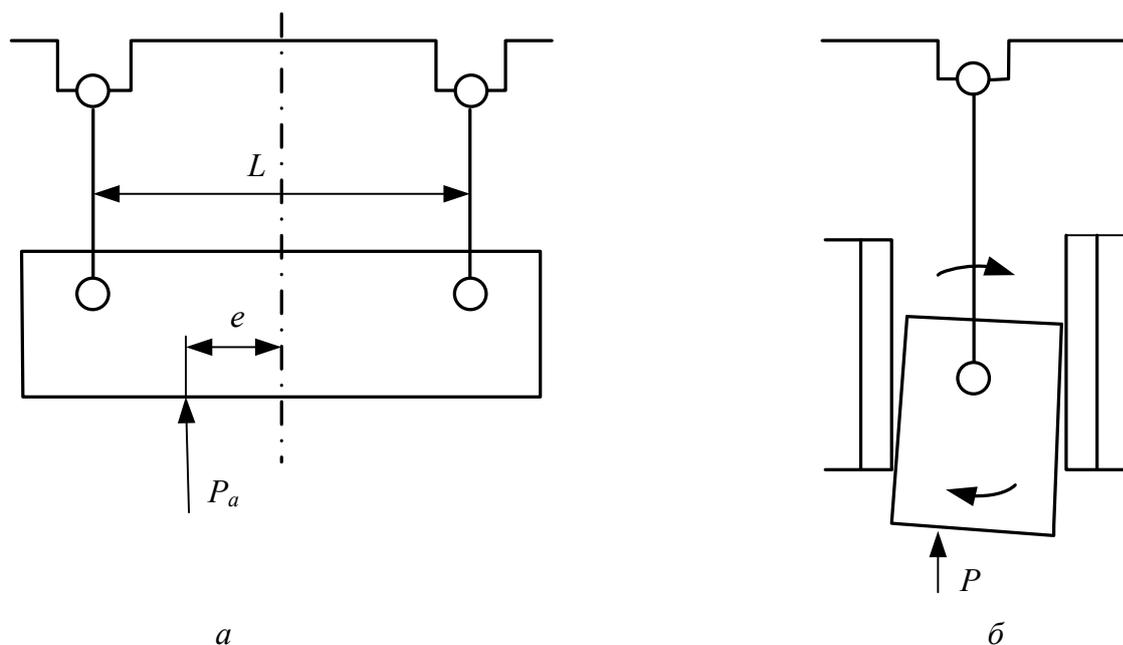


Рис. 1. Кинематические схемы ГРМ кривошипных прессов с двумя кривошипами и двумя шатунами (а), с одним кривошипом и одним шатуном (б)

### Плоские рычажные механизмы высоких классов для ГРМ кривошипного пресса

Л.В. Ассур в работе [4], приняв двухповодковую группу за основной структурный элемент, обосновал возможность получения новых групп звеньев, соединенных между собой шарнирами. Эти звенья, как и двухповодковая группа, превращаются в жесткие статически определимые системы, если их крайние кинематические пары присоединить к стойке. Идеи Л.В. Асура получили наиболее полное развитие в работах И.И. Артоболевского. В этих фундаментальных исследованиях впервые вводится определение классификация плоских рычажных механизмов высоких классов [5, 6]. Такие рычажные механизмы благодаря наличию изменяемых замкнутых шарнирно-рычажных контуров обладают широкими кинематическими и динамическими возможностями воспроизведения заданного закона движения рабочего органа [7].

Использование плоских рычажных механизмов высоких классов в машинах повышает точность позиционирования за счет жесткости самой конструкции, увеличивает грузоподъемность за счет распределения сил по контурам механизма, обеспечивает простоту обслуживания и управления за счет установки приводов на стойке, обеспечивает любые сложные траектории движения рабочих звеньев. Применение плоских рычажных механизмов высоких классов при проектировании различных механизмов и устройств позволяет значительно расширить их функциональные возможности [8 – 10].

В работе [10] разработали семь различных плоских рычажных механизмов IV класса с ведущим звеном *1* (рис. 2), структурные формулы для которых имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} I(1) &\rightarrow IY(2, 3, 4, 5); \\ I(1) &\rightarrow IY(2, 3, 4, 5, 6, 7); \\ I(1) &\rightarrow IY(2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). \end{aligned}$$

На основе полученных плоских рычажных механизмов IV класса (рис. 2) можно спроектировать новые кривошипные прессы. Выберем схему плоского рычажного механизма IV класса (рис. 2, *a*) для проектирования ГРМ кривошипно-ползунного пресса.

Выше сказано, что кривошипные прессы с двумя шатунами имеют большие преимущества по сравнению с прессами с одним шатуном (благодаря лучшему распределению сил на ползун и соответственно меньшим нагрузкам на направляющие ползуна), поэтому выбор схемы плоского рычажного механизма IV класса (рис. 2, *a*)

для проектирования нового кривошипного пресса является обоснованным.

Для разработки нового ГРМ кривошипного пресса был произведен плоский рычажный механизм IV класса. На рис. 3, *a* показана кинематическая схема нового ГРМ кривошипного пресса на базе плоского рычажного механизма IV класса.

Главный рабочий механизм кривошипного пресса состоит из кривошипа *1*, звена *2*, имеющего три вращательные кинематические пары *B*, *C* и *D*, двух шатунов *3* и *4*, ползуна *5*. Ползун имеет две вращательные кинематические пары *E* и *F*, с которыми связаны шатуны *3* и *4*. Трехпарное звено *2*, шатуны *3*, *4* и ползун *5* образуют между собой четырехугольный замкнутый изменяемый контур *CDFE*.

Главный рабочий механизм кривошипного пресса работает следующим образом. При полном повороте кривошипа *1* ГРМ через трехпарное звено *2* и шатуны *3* и *4* передает движение ползуну *5*, который в свою очередь воздействует на обрабатываемый объект *б*. При этом в момент соприкосновения ползуна *5* с обрабатываемым объектом *б* шатуны *3* и *4* находятся в параллельном положении, что обеспечивает равномерное распределение нагрузок как на обрабатываемый объект *б*, так и между звеньями пресса.

Изготовлен прототип нового ГРМ кривошипного пресса (рис 3, *б*). Испытания прототипа нового ГРМ кривошипного пресса показали хорошее распределение сил, прилагаемых в ходе штамповки, и лучшую переносимость эксцентрической нагрузки.

### Выводы

Для выбора структурной схемы ГРМ кривошипного пресса с двумя шатунами и одним кривошипом использовали плоские рычажные механизмы высоких классов. Использование плоских рычажных механизмов высоких классов для ГРМ кривошипного пресса повышает точность штамповки за счет жесткости самой конструкции, распределения сил по контуру механизма увеличивает номинальную силу.

Спроектирован новый ГРМ кривошипного пресса на базе плоского рычажного механизма IV класса и изготовлен его прототип. Проведены испытания прототипа нового ГРМ кривошипного пресса, которые показали его работоспособность и практическое отсутствие его заклинивания.

Важным результатом работы является обоснование использования плоских рычажных механизмов высоких классов при проектировании новых ГРМ кривошипных прессов.

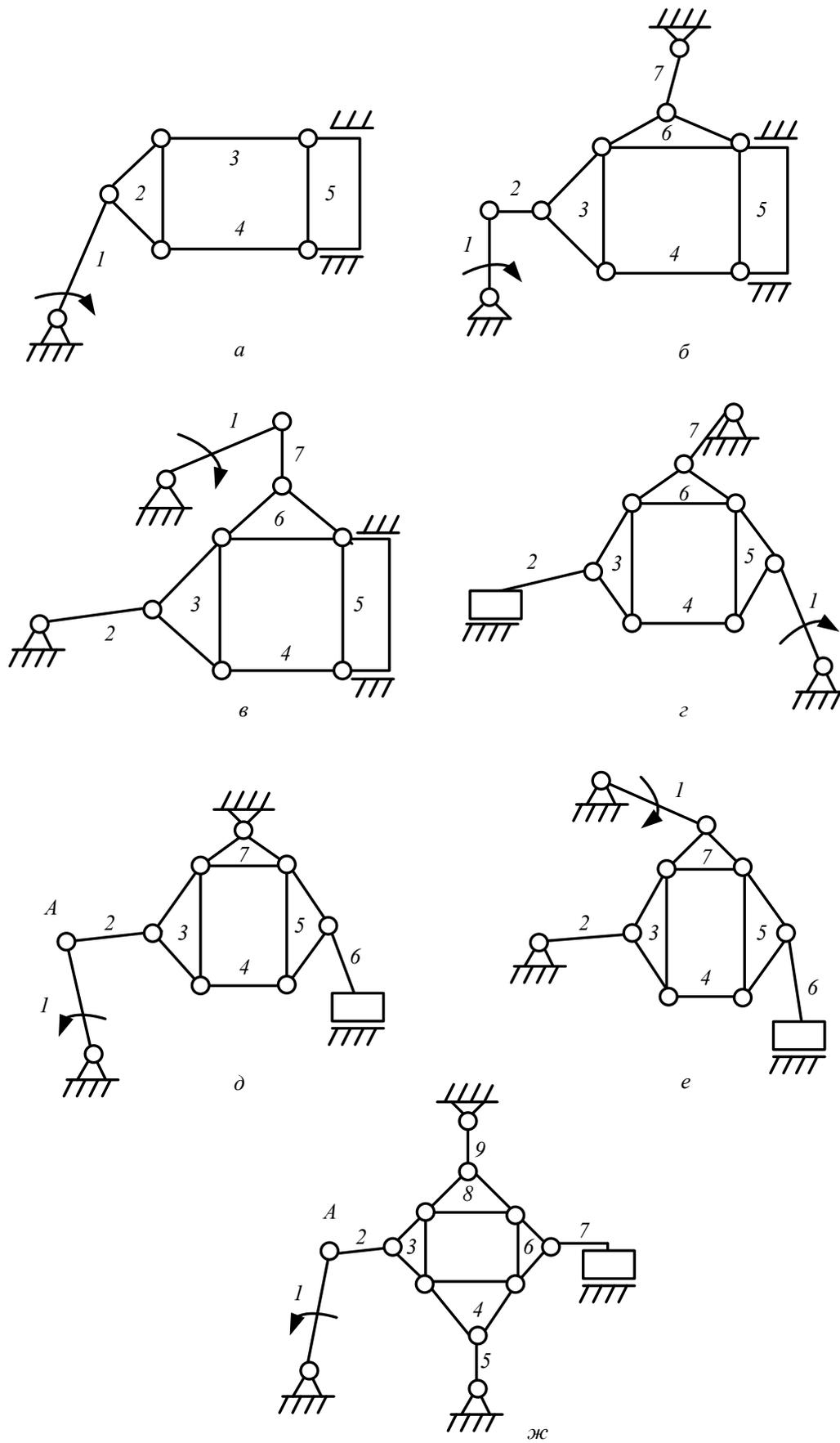


Рис. 2. Схемы плоских рычажных механизмов IV класса

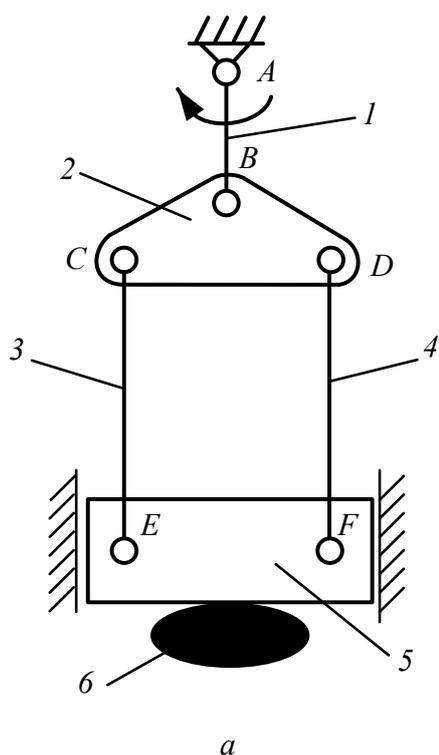


Рис. 3. Кинематическая схема (а) и прототип (б) ГРМ нового кривошипного пресса

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свистунов В.Е. Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы. – М.: МГИУ, 2008. – 697 с.
2. Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование. – М.: ИЦ «Академия», 2008. – 480 с.
3. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование / Под ред. Л.И. Живова. – М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 560 с.
4. Ассур Л.В. Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации / Под ред. И.И. Артоболевского. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1952. – 592 с.
5. Артоболевский И.И. Структура, кинематика и кинетостатика многозвенных плоских механизмов. – М.: ОНТИ, 1939. – 232 с.
6. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 639 с.
7. Дворников Л.Т. К вопросу о классификации плоских групп Ассур // Теория механизмов и машин. 2008. № 8 (12). С. 18 – 25.
8. Дворников Л.Т., Гудимова Л.Н., Стариков С.П. Шестизвенные плоские группы Ассур и перспективы их применения в машиностроении // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2008. № 5 (69). С. 59 – 62.
9. Дворников Л.Т. Задача о поиске многообразия восьмизвенных плоских шарнирных групп Ассур // Теория механизмов и машин. 2008. Т. 6. № 1 (11). С. 15 – 29.
10. Джолдасбеков У.А. Графо-аналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 256 с.

© 2020 г. А.А. Джомартов, А.К. Тулешов,  
М.Ж. Куатова  
Поступила 21 февраля 2020 г.