

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ

На правах рукописи
УДК 621.01

АЛМАМАТОВ МЫЙМАНБАЙ ЗАКИРОВИЧ

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ
ПРЕССОВ С МЕХАНИЗМАМИ ПЕРЕМЕННОЙ
СТРУКТУРЫ**

Специальность 05.02.18 – Теория механизмов и машин

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

БИШКЕК 2005

Работа выполнена на кафедре "ОКМ" и НИИ ФТП Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова и в Институте машиноведения НАН КР.

Научный консультант:

Официальные оппоненты: Заслуженный Деятель Науки России и Кыргызстана, Академик Международной АН Высшей школы, Действительный член Нью-Йоркской АН, чл.-корр. НАН и Лауреат Госпремии Кыргызстана, доктор технических наук, профессор
Дворников Л.Т.
(Сибирский Государственный индустриальный университет, г.Новокузнецк, РФ)

Академик НАН КР, Лауреат Госпремии Кыргызстана, доктор технических наук, профессор
Фролов А.В.

Доктор технических наук, профессор
Нурахметов Б.К.
(Казахстанско-Британский технический университет, Казахстан)

Ведущее предприятие: Ошский Технологический Университет им. М.Адышева

Защита состоится "24" ноября 2005 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.05.297 при Институте машиноведения НАН КР, 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного технического университета и в библиотеке Института машиноведения НАН КР.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина 23, диссертационный совет Д 05.05.297 Института Машиноведения НАН КР.

Автореферат разослан " _____ " _____ 200__ г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 05.05.297, кандидат технических наук, с.н.с.



А.В. Анохин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Разработка надежных и высокопроизводительных машин, соответствующих современным требованиям мирового уровня по надежности и быстроходности в условиях рыночной экономики, является одной из первоочередных задач.

Технология обработки материалов давлением является одним из прогрессивных и эффективных методов, обеспечивающих высокую производительность. Для получения изделий или полуфабрикатов путем деформирования, широко используют кузнечно-штамповочные машины в различных отраслях производства. Детали, изготовленные на кузнечно-штамповочных машинах, обладают большой прочностью, надежностью, и отличаются низкой себестоимостью. Но сложные по конструкции управляющие устройства кузнечно-штамповочных машин муфты-тормоза ограничивают их фактическую производительность.

В последние годы многими исследователями разрабатываются механизмы переменной структуры (МПС) исключая применение муфт-тормозов в кузнечно-штамповочных машинах, и ими же выполнены большие научно-практические работы по структурному синтезу, разработке методов расчета и созданию конструкций МПС.

В связи с тем, что в последние годы многими научными школами и исследователями различных методов разработаны и созданы конструкции МПС, применяемые в космической технике, строительстве и горном деле, а также кузнечно-штамповочных машинах, задача по обобщению научных исследований по разработке МПС является и остается актуальной.

Целью данной диссертационной работы является разработка научно-методических основ создания прессов на базе новых разработок МПС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- обзор и анализ кузнечно-штамповочных машин (прессов);
- обобщение научных исследований по созданию МПС;
- создание научных основ структурного синтеза МПС с использованием особых положений звеньев;
- разработка теоретических основ создания всех типов МПС с четырьмя подвижными звеньями (МПС переходящие от четырех подвижных к трем подвижным звеньям);
- разработка обобщенных схем взаимного способа замыкания звеньев механизмов;
- разработка конструктивных схем МПС;
- разработка инженерной методики расчета параметров МПС работающих в рабочем режиме как кривошипно-ползунный механизм с эксцентриситетом и уравновешивание сил инерции звеньев;
- разработка методики расчета параметров переходных режимов работы МПС;
- разработка конструкций прессов.

Научная новизна работы:

- сформулированы и доказаны три теоремы об особых положениях звеньев плоских рычажных механизмов, три условия существования особых положений звеньев для одноподвижных механизмов, и одно условие существования особых положений звеньев для двухподвижных механизмов с четырьмя подвижными звеньями;
- предложена новая концепция структурного синтеза механизмов;
- предложена методика разработки и создания оригинальных схем МПС с использованием особых положений звеньев;
- разработаны новые оригинальные схемы МПС, методика синтеза параметров МПС, конструкции прессов с МПС.

Практическая ценность работы:

- разработаны новые оригинальные схемы с кривошипно-ползунным МПС, шарнирно-пятивзвенные МПС. Механизмы переменной структуры пополнились новыми оригинальными схемами, защищенными авторскими свидетельствами СССР;
- разработана инженерная методика расчета параметров МПС с учетом особенностей режимов работы и технических требований позволяющими создавать кузнечно-штамповочные машины;
- разработаны и внедрены в производство конструкции различных высокопроизводительных прессов с МПС: ФПА-10АО, ФПА-1250, К2130;
- результаты научных исследований по разработке МПС внедрены в учебный процесс.

Основные положения, вносимые на защиту:

Теоремы об особых положениях звеньев механизмов и доказательство этих теорем.

Методика разработки механизмов переменной структуры с использованием особых положений звеньев, исключая неопределенности движений звеньев в особых положениях за счет создания начальных и граничных условий.

Новая концепция структурного синтеза плоских рычажных механизмов, по которой можно создавать механизмы с n подвижными звеньями, тремя путями сборки звеньев.

Методика и схемы создания МПС с четырьмя подвижными звеньями двадцатью типами кинематических цепей.

Инженерная методика расчета основных параметров кузнечно-штамповочных машин с МПС.

Конструкции четырех типов прессов с МПС: ФПА10 с усилием 100 кН, с круговыми звеньями, ФПА1250 с усилием 1250 кН и универсального прессы с усилием 1000 кН.

Апробация работы

Обсуждались на конференциях: вибрационная техника (Кутаиси 1981); III Всесоюзное совещание по робототехническим системам (Воронеж 1984); Комплексная автоматизация и механизация листоштамповочного производства, про-

грессивные процессы листовой штамповки (Ижевск 1984); Автоматизация производственных процессов в машиностроении (Фрунзе 1986); Малоотходная и безотходная технология, оснастка и оборудование в листовой штамповке (Пермь 1987); Состояние и перспективы создания высокопроизводительного кузнечно-прессового оборудования (Москва 1987); Молодых ученых (Фрунзе 1985,1986); На заседаниях проблемного совета по теории машин и рабочих процессов при АН Кирг.ССР (Фрунзе 1980-89); По безмуфтовым прессам с механизмами переменной структуры (Фрунзе 1989); Механизмы переменной структуры и вибрационные машины (Бишкек 1995); Традиции и новации в культуре университетского образования, КТУ, (Бишкек, 1997); «Проблемы и перспективы интеграции образования», посвященной 5-летию образования КРСУ, (Бишкек, 1998); Кадры XXI века, КТУ, (Токмок, 1998); «Технологии и перспективы современного инженерного образования, науки и производства», посвященной 45 – летию ФПИ – КГТУ им. И.Раззакова, (Бишкек, 1999); Наука и наукоемкие горные технологии, (Бишкек 2000); История, культура и экономика юга Кыргызстана, КУУ им. И.Раззакова, (Ош 2000); Современные технологии и управление качеством в образовании, науке и производстве: опыт адаптации и внедрения, (Бишкек, 2001); На юбилейной научной конференции, посвященной 10-летию образования Токмоцкого технического института КГТУ им. И.Раззакова, (Токмок 2001); На научно-техническом совете НИИ ФТП (Бишкек 1997, 1998, 2000, 2001, 2005); На конференциях преподавателей КГТУ им. И.Раззакова (1995-2005); на заседаниях кафедры «Основы конструирования машин» КГТУ им. И.Раззакова (1990-2005); на Ученых советах Института машиноведения НАН КР (1997-2005).

По результатам исследований опубликованы 76 научных работ, а также 14 учебно-методических указаний. В число научных работ входят 22 авторских свидетельства (в соавторстве с О.Д. Алимовым, С. Абдраимовым и др.) на изобретения и одно учебное пособие по структурному синтезу МПС, одна монография.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и содержит 302 страницы машинописного текста, 114 рисунка и библиографию из 257 наименований, а также приложения из 210 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выполненных работ, сформулирована ее научная новизна и практическая ценность.

В первой главе сделан обзор и анализ схем, классификаций кузнечно-штамповочных машин и структурный синтез их исполнительных механизмов.

Обосновано, что одними из наиболее широко используемых и производительных являются кривошипные прессы. Указан недостаток схем этих прессов – управление работой осуществляется с помощью муфт-тормозов, которые являются самым сложным устройством прессы, а их частые поломки ограничивают фактическую производительность оборудования.

Проведен обзор и анализ безмуфтовых прессов: рычажных, кулисных, со сдвоенными ползунами, с так называемыми «ломаными» шатунами, с замыканием коромысла на ползуне.

При обзоре и анализе установлены, что все существующие схемы безмуфтовых прессов (кроме специальных рычажных) разрабатываются только четырьмя схемами, представленным на рис. 1, 2, 3 и 4 и имеют соответствующие структурные формулы **ВВВПП**, **ВВППП**, **ВВВВП** и **ВВВПВ**. В этих схемах в структуру механизма введено дополнительное звено, например: а) на рис. 1а в схему кривошипно-ползунного механизма – ползун 3; б) на рис. 1б в схему синусного механизма – ползун 3; в) на рис. 2 в схему кривошипно-ползунного механизма – коромысло 3; г) на рис. 3 в схему механизма – кулиса 3. В этих механизмах в холостом режиме работы вращательное движение ведущего звена преобразуется в качательное или поступательное движение дополнительного звена, а ползун неподвижен. В рабочем режиме дополнительное звено жестко замыкается к одному из звеньев. Все разработанные схемы МПС прессов отличаются друг от друга только способом взаимного замыкания звеньев. Других схем, применяемых в безмуфтовых прессах, не обнаружено и устройства управления в этих схемах, также имеют существенные недостатки.

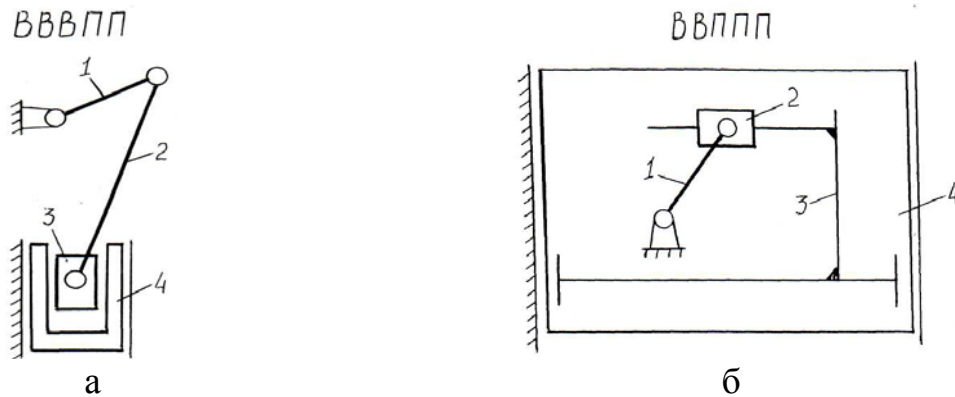


Рис. 1. Кинематические схемы прессов с двумя ползунами типа ВВВПП (а) и типа ВВППП (б).

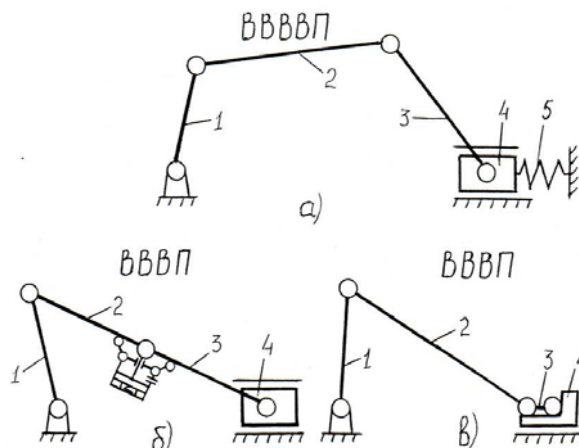


Рис. 2. Кинематические схемы прессов со структурной формулой ВВВВП.

Основной недостаток всех этих известных безмуфтовых схем - силовое замыкание звеньев с помощью управляющих устройств и их участие в технологическом процессе, что снижает надежность работы прессов.

Таким образом, решена задача обзора и анализа кузнечно-штамповочных

машин (прессов) и составлены обобщенные схемы всех МПС прессов, которые имеют только четыре типа ВВПВ, ВВПВ, ВВПВ и ВВПВ.

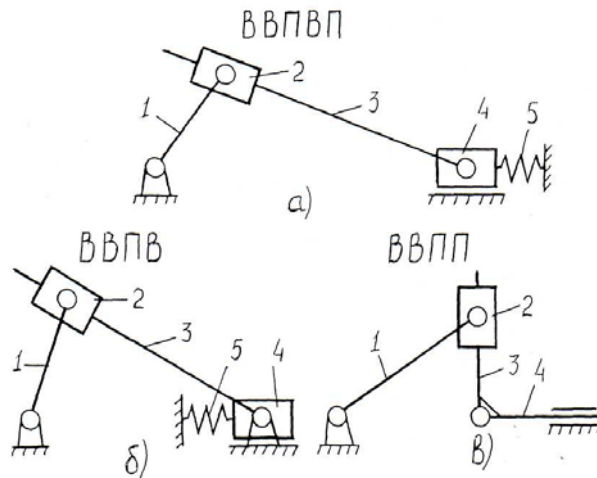


Рис. 3. Кинематическая схема пресса со структурной формулой ВВПВ.

Подтверждено, что наиболее перспективными при проектировании прессов являются схемы МПС - они компактны, надежны и высокопроизводительны, а управляющие устройства работают только в момент переключения, в рабочем режиме отключаются и не участвуют в технологическом процессе штамповки изделия.

Проведен обзор работ и анализ основных исследований, по разработке МПС и обоснована актуальность дальнейших научных исследований.

Основоположниками создания МПС с четырьмя подвижными звеньями являются Новосибирская школа ученых во главе проф. П.М. Алабужевым и его учениками А.К. Зуевым, В.Б. Ханом, В.А. Яруновым и др., которые впервые в машинах применили взаимное замыкание звеньев-ползуна и коромысла по их относительному положению.

Большую работу выполнили по внедрению МПС в космической технике Кыргызская школа ученых в главе с академиком О.Д. Алимовым и его учениками А.В. Фроловым, В.К. Манжосовым, С. Абдраимовым, М.Т. Мамасаидовым, В.Э. Еремьянцом и другими.

Кыргызскими учеными О.Д. Алимовым, В.К. Манжосовым, С. Абдраимовым, М.С. Джуматаевым, Т.О. Невенчанной, А. Каримовым и другими были разработаны конструкции прессов с МПС, которые внедрены в производство.

В настоящее время академиком ИА КР С. Абдраимовым, член-корр. НАН КР М.С. Джуматаевым и их учениками выполняются большие научные работы по созданию и внедрению в производство ручных механических молотов и перфораторов с МПС.

Работы по исследованию МПС проведены проф. С.Н. Кожевниковым, Е.Я. Антонюком. А также казахстанской школой ученых механиков - академиком У.А. Джолдосбековым и его учениками Ж.Ж. Байгунчечковым, М.М. Молдобековым, Г. Уалиевым, С. Ибраимовым и другими.

Таким образом, решена задача обобщения научных исследований по созда-

нию МПС. Обоснована необходимость обзора по структурному синтезу плоских рычажных механизмов для выявления наиболее перспективных схем проектируемых прессов с МПС.

Структурный синтез и анализ плоских механизмов основывается на фундаментальных работах П.Л. Чебышева, Л.В. Ассура, А.П. Малышева, П.О. Сомова, И.И. Артоболевского, Б.В. Добровольского, С.Н. Кожевникова, В.А. Зиновьева, Н.И. Левитского, Г.Г. Баранова, К.В. Фролова и других.

В исследовании структурного синтеза механизмов проведена большая работа Л.Т. Дворникова, который разработал теории кинематических пар и вывел универсальную формулу, по которой можно разработать и описать любую кинематическую цепь.

Для более полного обзора и анализа существующих схем плоских механизмов предложена новая концепция структурного синтеза плоских рычажных механизмов, по которой можно создавать механизмы с n подвижными звеньями, осуществляемая тремя путями сборки звеньев:

а) последовательное соединение (с одним звеном соединяются не более два звена с двух сторон, включая неподвижное звено – стойку) - в этом случае получается минимально возможное количество кинематических пар и максимальная степень подвижности механизма;

б) параллельное соединение звеньев (к одному звену присоединяется три или более звеньев) - в этом случае образуется максимальное количество кинематических пар и получается минимальная степень подвижности механизма;

в) смешанное, последовательно- параллельное соединение звеньев - в этом случае получается степень подвижности механизма между минимальной и максимальной.

Например, на рис. 4 представлена схема механизма, состоящего из четырех последовательно соединенных подвижных звеньев, степень подвижности которого равна двум ($W=2$). А на рис. 5 представлена схема механизма, состоящего также из четырех подвижных звеньев, которые соединены – три последовательно и один параллельно. Степень подвижности этого механизма равна нулю ($W=0$) (аналог группы Бурместра).

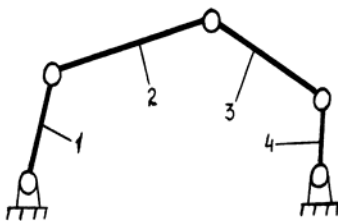


Рис. 4. Схема механизма с четырьмя последовательно соединенными подвижными звеньями.

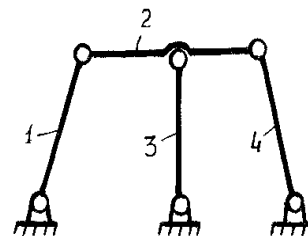


Рис. 5. Схемы группы Бурместра.

В этом механизме (см. рис. 5) подвижные звенья механизмов соединены смешанно. Аналогичный пример можно привести со схемами механизмов с пятью подвижными звеньями: при последовательном соединении звеньев образуется минимальное количество кинематических пар и механизм имеет максимальную сте-

пень подвижности $W=3$ (рис. 6), а при смешанном соединении звеньев образуется большое число кинематических пар и степень подвижности механизма равна $W=1$ (рис. 7).

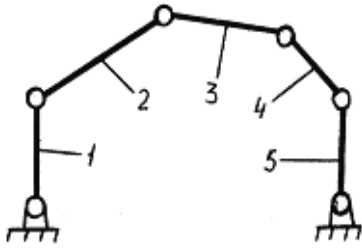


Рис. 6. Схема пятизвенного механизма при последовательном соединении звеньев.

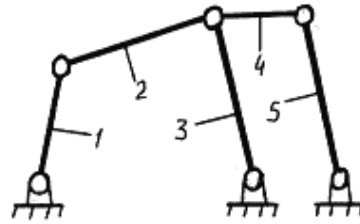


Рис. 7. Схема пятизвенного механизма при смешанном соединении звеньев.

При анализе плоских рычажных механизмов установлено, что при особых случаях аналоги группы Ассур обладают подвижностью. Например, как показано на рис. 8 и 9 при выполнении траектории ползуна в виде круга, группа Ассур типа **ВПП** и **ВВП** обладает подвижностью.

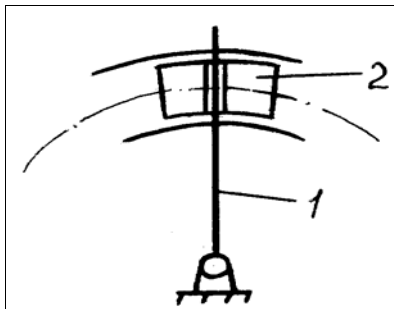


Рис. 8. Схема механизма ВПП.

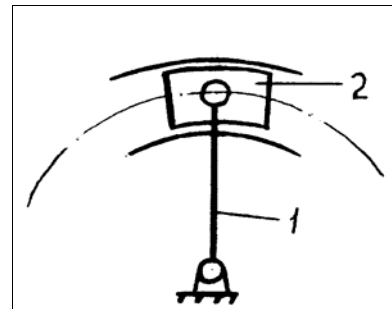


Рис. 9. Схема механизма ВВП.

В другом особом случае (рис. 10), группа Ассур типа **ВПП** также имеет возможность движения.

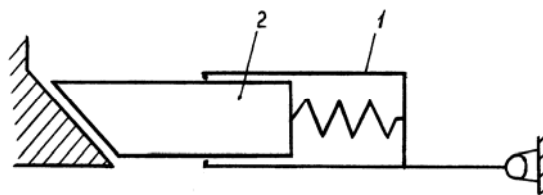


Рис. 10. Особый случай группы Ассур типа **ВПП**.

Следует отметить, что если создавать механизм по классической схеме, предложенной Л.В. Ассуром, насаиванием ведущему звену группу Ассур (разновидности диады Сильвестера), то в случаях рис. 8, 9 и 10 эти механизмы уже имеют степень подвижности, поэтому могут создаваться механизмы с двумя степенями подвижности. В этих случаях нарушается классическая методика создания одноподвижных механизмов по методике, предложенной Ассуром. Отсюда можно сделать вывод, что классическая методика создания одноподвижных механизмов в особых случаях сборки звеньев не применима.

Обзор существующих схем плоских рычажных механизмов (с замкнутым контуром) представлен по новой концепции структурного синтеза – при различ-

ных подвижных звеньях из комбинаций кинематических пар типа **В** - вращательное и **П** - поступательное.

При чисто последовательном соединении при одном подвижном звене образуется: два типа механизма с одной степенью подвижностью ($W=1$ только с открытым контуром); при двух подвижных звеньях 6 (образуется 8 комбинаций кинематических цепей, из них 2 повторяются при замене ведущего и ведомого звеньев), из них 5 с $W=0$ (группа Ассур и его аналоги) и 1 с $W=1$, при трех подвижных звеньях 10 (образуется 16 комбинаций кинематических цепей, из них 6 повторяются при замене ведущего и ведомого звеньев), из них 7 с $W=1$ и 3 с $W=2$; при четырех 20 (образуется 32 комбинаций кинематических цепей, из них 12 повторяются при замене ведущего и ведомого звеньев), из них 13 с $W=2$ и 7 с $W=3$; при $n=5$ из них 64 (с $W=3$ и $W=4$).

Все типы этих схем механизмов (ранее известных) с подвижными звеньями $n=1, 2, 3$ и 4 собраны и представлены в табличной форме в диссертации.

Во второй главе представлены теоретические основы структурного синтеза плоских рычажных МПС.

Сформулированы три теоремы и четыре условия существования особых положений звеньев и приведено девять доказательств.

Теорема 1. Если в механизме образуется особое положение звеньев, то при выходе из особого положения звеньев он обладает двумя или более возможными режимами движения ведомых звеньев, при неизменном направлении движения ведущего звена.

Теорема 2. Если в одноподвижном механизме со степенью подвижности $W=1$ образуется особое положение звеньев, то только в особом положении звеньев нарушается определенность его подвижности (теоретически он может изменить направление движения), а после выхода из особого положения звеньев определенность его движения восстанавливается.

Теорема 3. Если при перемещении звеньев рычажной кинематической цепи возникают особые положения звеньев, то дальнейшее (после каждого особого положения) движение ведомых звеньев характеризуется неопределенностью перехода к одному из режимов (теорема 3 сформулирована совместно с В.А. Туровым).

Для доказательств, сформулированных теорем 1, 2 и 3, сформулированы четыре условия существования особых положений звеньев и приведено девять доказательств.

Рассматривая особенность работы шарнирно-четырёхзвенного механизма, длина звеньев которого удовлетворяет условиям Грасгофа:

$$l_1 < l_3 < l_0 < l_2, \quad (1)$$

где l_1 - длина кривошипа, l_2 - длина шатуна, l_3 - длина коромысла, l_0 - межосевое расстояние опор кривошипа и коромысла, можно сформулировать первое условие существования особого положения звеньев.

Первое условие существования особого положения. Если в рычажных механизмах три последовательно связанных звена располагаются на одной прямой линии и хотя бы два из них условно накладываются друг на друга (т.е. имеют не

менее двух общих точек, условно совпадают), то в звеньях механизма возникают особые положения звеньев.

После достижения этого положения возможны три альтернативных режима движения ведомых звеньев при неизменном движении ведущего звена. Возникает неопределенность перехода к одному из режимов их движений.

Первое доказательство первого условия существования особого положения: особое положение шарнирно-четырёхзвенного механизма при выстраивании в одну прямую кривошипа, шатуна и коромысла, причем шатун и коромысло накладываются друг на друга.

На рис. 11а,б,в представлены схемы шарнирно-четырёхзвенных механизмов, обеспечивающих соотношение длин звеньев

$$l_1 + l_2 = l_3 + l_0. \quad (2)$$

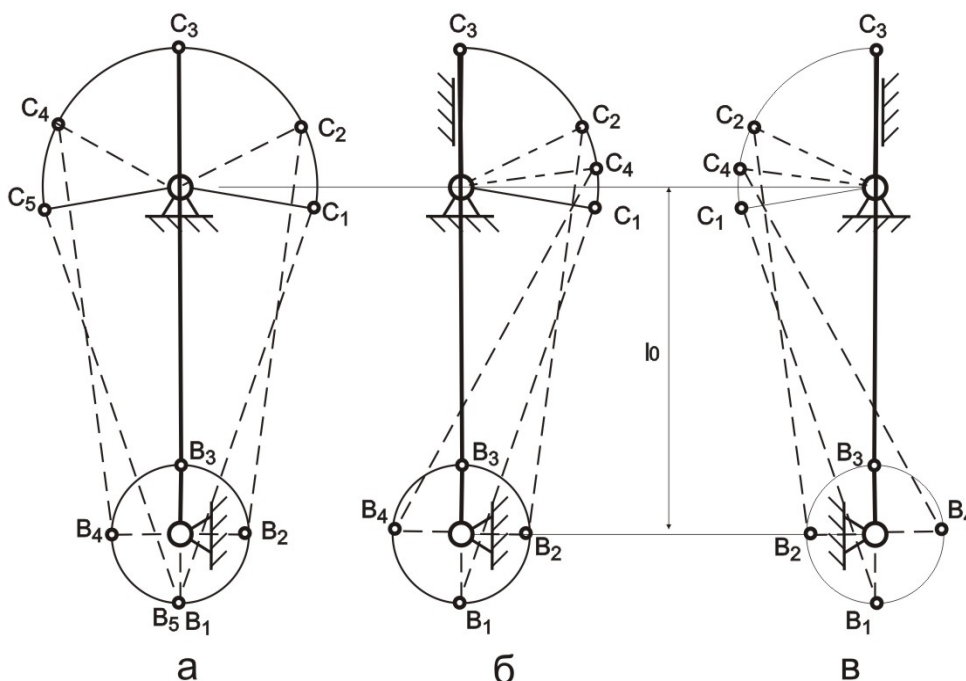


Рис. 11. Режимы движения шарнирно-четырёхзвенного механизма с соотношением длин звеньев $l_1 + l_2 = l_3 + l_0$.

При движении этого механизма, когда кривошип, шатун и коромысло располагаются на одной прямой линии, возникает неопределенность движений звеньев. В этом случае механизм может иметь три режима движения.

Первый режим движения (рис. 11а).

Положению кривошипа B_1 соответствует положение коромысла C_1 . Положению B_2 соответствует C_2 . И верхнему положению кривошипа B_3 соответствует положение коромысла C_3 .

Кривошип, шатун и коромысло располагаются на одной прямой. Коромысло и шатун накладываются друг на друга. При дальнейшем повороте кривошипа B_4 коромысло занимает положение C_4 , и в положении B_5 коромысло занимает крайнее положение C_5 .

Зависимость угла качания коромысла 3 от положения кривошипа 1 оп-

ределяется по следующей формуле:

$$\varphi_3|_I = (-1)^n \left[\operatorname{arctg} \frac{l_1 \sin \varphi_1}{l_1 \cos \varphi_1 - l_0} - \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 - l_4^2}{2l_3 l_4} \right], \quad (3)$$

где $n=0,1,2,3,\dots$ число оборотов кривошипа;

$$l_4 = \sqrt{l_0^2 + l_1^2 - 2l_0 l_1 \cos \varphi_1} \quad (4)$$

При дальнейшем повороте кривошипа коромысло изменяет направление качания и за два полных оборота кривошипа возвращается к исходному положению. Другими словами, как видно из рис. 11а, за два полных оборота кривошипа коромысло совершает одно качательное движение.

Второй режим движения (рис. 11б).

Как видно из рисунка, при верхнем положении кривошипа B_3 коромысло также занимает верхнее положение C_3 . При дальнейшем повороте кривошипа коромысло изменяет направление качания, занимает положение C_4 . В этом случае за один оборот кривошипа коромысло совершает одно качательное движение.

Зависимость угла качания коромысла 3 от положения кривошипа 1 определяется по следующей формуле:

$$\varphi_3|_{II} = \operatorname{arctg} \frac{l_1 \sin \varphi_1}{l_1 \cos \varphi_1 - l_0} - \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 - l_4^2}{2l_3 l_4}, \quad (5)$$

Третий режим движения (рис. 11в).

Механизм может работать симметрично оппозитно (зеркально противоположно) ко второму режиму движения, как показано на (рис. 11в).

Таким образом, когда три звена: кривошип, шатун и коромысло располагаются на одной прямой линии (это положение назовем особым положением звеньев шарнирного четырехзвенного механизма при накладывании шатуна и коромысла друг на друга), коромысло обладает тремя возможными движениями, т.е. в механизме возникает неопределенность движения звеньев, которую мы рассмотрели выше.

Аналогичным образом для третьего режима движения звеньев механизма зависимость угла качания коромысла 3 определяется по следующей формуле:

$$\varphi_3|_{III} = \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 - l_4^2}{2l_3 l_4} - \operatorname{arctg} \frac{l_1 \sin \varphi_1}{l_1 \cos \varphi_1 - l_0}. \quad (6)$$

Теперь рассмотрим это доказательство в аналитическом виде.

Уравнения (3), (5) и (6) описывают три разных режима движения звеньев механизма. Для доказательства первого условия существования особого положения в эти три уравнения подставляем условие особого положения, т.е. $\varphi_1=2\pi n$ и $l_1 + l_2 = l_3 + l_0$. В этом случае, если во всех трех уравнениях (3), (5) и (6) φ_3 будет иметь одинаковое значение, то это означает, что во всех трех случаях коромысло имеет одинаковое положение, что и является аналитиче-

ским доказательством первого условия существования особого положения звеньев.

В уравнения (3), (5) и (6) подставляя условно значение $\varphi_1=2\pi$ и $l_1 + l_2 = l_3 + l_0$, получаем, что при условии (2) все три уравнения имеют одинаковое значение:

$$\varphi_3|_{II} = \varphi_3|_{III} = \varphi_3|_I = \pm 2\pi \quad (7)$$

Это означает, что во всех трех режимах движения механизма в особом положении коромысло занимает одинаковое положение и соответственно при последующем движении может перейти к любому из этих трех режимов движения. Это является первым доказательством первого условия существования особого положения звеньев.

Вторым доказательством теорем 1, 2 и 3 в диссертации приведен шарнирно-четырёхзвенный механизм, длины звеньев которого, также удовлетворяет условию Грасгофа (1) и следующему условию:

$$l_1 + l_0 = l_2 + l_3 \quad (8)$$

Условия работы этого механизма аналогичны механизму, приведенному на рис. 11.

Третьим доказательством теорем 1, 2 и 3 в диссертации приведены режимы движения шарнирно-четырёхзвенного механизма с соотношением длин звеньев

$$l_1 = l_3; \quad l_2 = l_0; \quad l_2 > l_3.$$

Второе условие существования особого положения. Если в рычажной кинематической цепи два связанных между собой шарниром рычажных звена имеют равные длины, или длина одного звена равна суммарной длине двух и более звеньев, и они условно накладываются друг на друга, имея общую ось вращения, то при перемещении звеньев такой цепи возникают особые положения (рис. 12).

В особом положении звеньев кривошип и шатун вращаются вместе, ползун неподвижен или механизм двигается как кривошипно-ползунный.

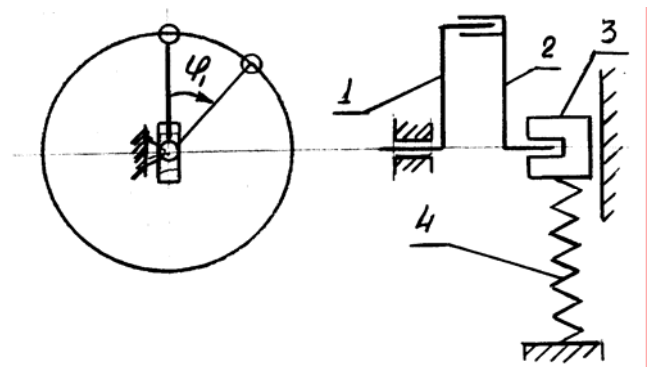


Рис. 12. Кинематическая схема кривошипно-ползунного механизма (1 – кривошип, 2 – шатун, 3 – ползун, 4 – упругий элемент), в котором длина (a) кривошипа 1 и длина (b) шатуна 2 равны между собой, т.е. $a = b$.

Третье условие существования особого положения. Если в кривошипно-ползунном механизме с эксцентриситетом e , длина шатуна l_2 равна суммарной длине l_1 кривошипа и эксцентриситета e , то в звеньях механизма возникают особые положения звеньев (рис. 13).

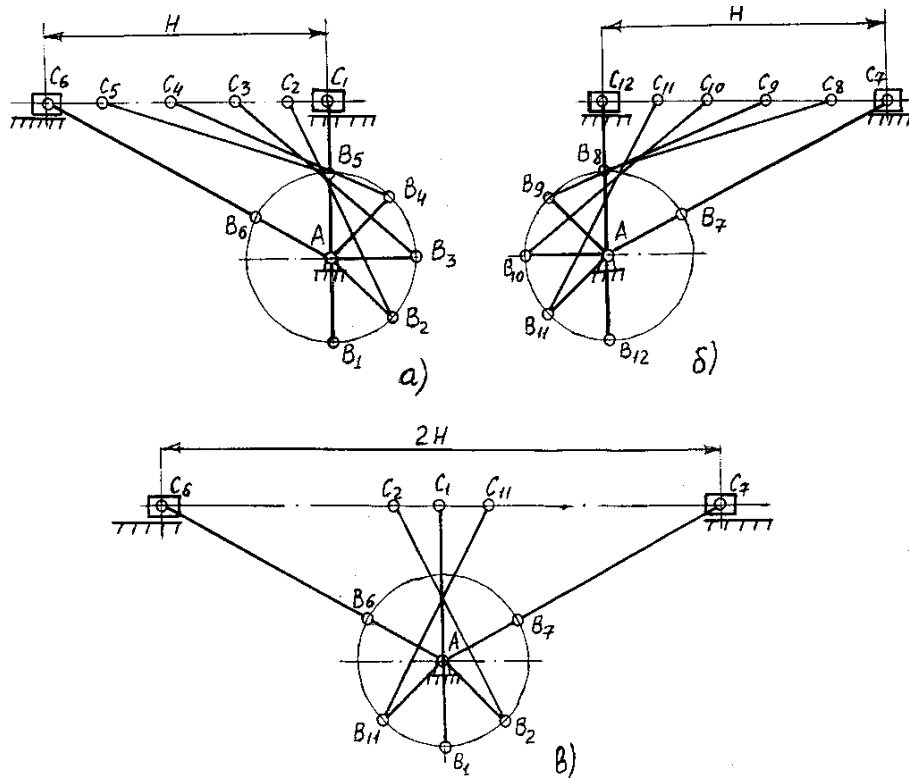


Рис. 13. Схемы режимов движения кривошипно-ползунного механизма с соотношением длин звеньев $l_2 = l_1 + e$.

Четвертое условие существования особого положения. Если в шарнирно-пятизвенной кинематической цепи с ползуном движение ползуна ограничить односторонними связями: с одной стороны – жесткой стойкой ограничителя хода ползуна, а с другой – упругим элементом, связанным со стойкой, то при перемещении звеньев такой цепи возникают особые положения (рис. 14).

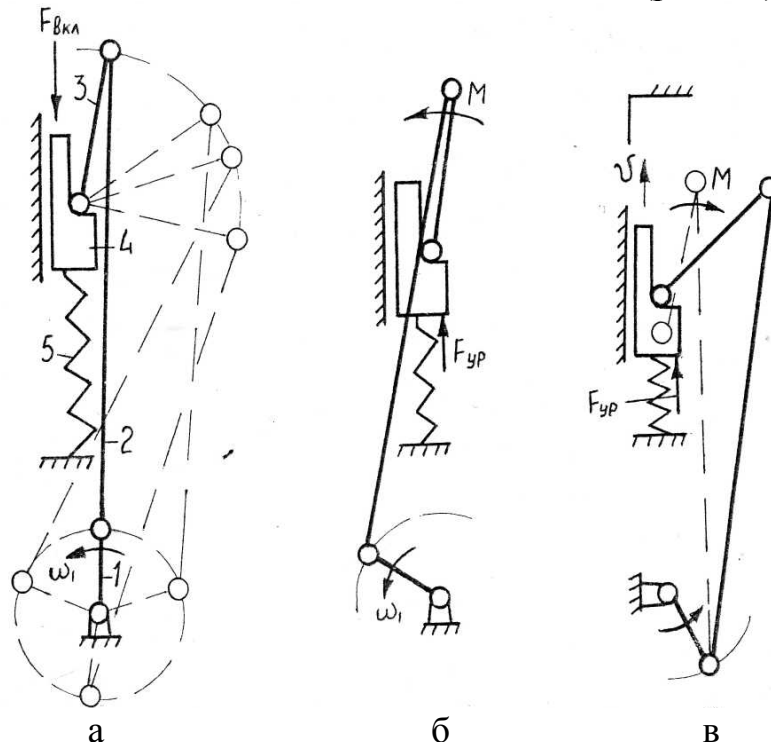


Рис. 14. Схема шарнирно-пятизвенной кинематической цепи с ползуном.

Следующим доказательством теоремы об особых положениях, является схема механизма представленная на рис. 15. Механизм состоит из стойки 0, кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, подвижной опоры коромысла (ползуна) 4 и упругого элемента 5.

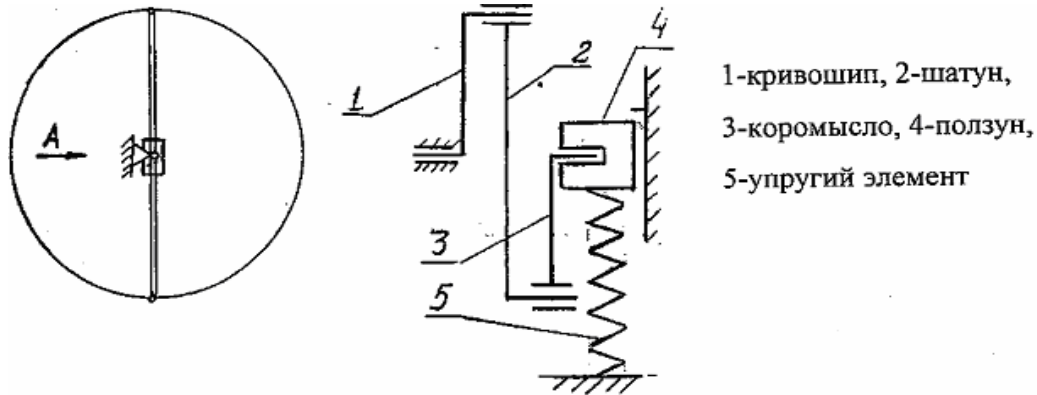


Рис. 15. Схема механизма переменного класса с особыми положениями.

В исходном положении упругий элемент 5 удерживает ползун 4 в верхнем положении, упирая его в верхний ограничитель стойки (четвертое условие существования особого положения звеньев). Длина шатуна 2 равна суммарной длине кривошипа 1 и коромысла 3 (второе условие существования особого положения звеньев). Ось кривошипа совпадает с осью коромысла, так как кривошип, шатун и коромысло выстроены в одну прямую и накладываются друг на друга (первое условие существования особого положения звеньев). Поэтому все звенья имеют возможность вращаться или если замкнуть коромысла 3 на ползуне может работать как кривошипно-ползунный механизм.

Установлено, что если в особом положении звеньев с помощью управляющих устройств перевести механизм с одного режима в другой, то можно создавать МПС. При этом управляющее устройство только выводит из особого положения в дальнейшем определенность движения звеньев восстанавливается.

Таким образом, решена задача создания научных основ структурного синтеза МПС с использованием особых положений звеньев.

На основе структурного синтеза МПС с четырьмя подвижными звеньями по новой концепции получены 32 комбинации кинематических пар, из которых возможно создание 20 разновидных механизмов (12 пар механизмов дублируют друг друга при смене ведущего звена ведомым).

- | | | |
|-------------------|--------------------|--------------------|
| 1. ВВВВ. | 8. ПВВВП. | 15. ППВВП (ПВВПП). |
| 2. ВВВВП (ПВВВВ). | 9. ВВПВВ (ВПВВВ). | 16. ППВВП. |
| 3. ВВВПВ (ВПВВВ). | 10. ВПВВП. | 17. ПППВВ (ВПППВ). |
| 4. ВВПВВ. | 11. ПППВВ (ВПППВ). | 18. ПППВП (ПВППВ). |
| 5. ВВВПВ (ППВВВ). | 12. ППВВП (ВПВВП). | 19. ППВВП. |
| 6. ВВПВП (ПВВВВ). | 13. ППВВП (ВПВВП). | 20. ППППП. |
| 7. ВПВВП (ПВВВП). | 14. ВППВВ. | |

Механизмы с 1 по 10 и 12, 15, 16 (13 механизмов из 20) имеют две степени подвижности ($W=2$), а механизмы 11, 13, 14 и с 17 по 20 (7 механизмов из 20) имеют три степени подвижности ($W=3$).

Рассмотрены теоретически возможные переходы создания МПС из всех 20-механизмов с четырьмя подвижными звеньями к трехподвижным звеньям, в зависимости от взаимного замыкания звеньев. Так как механизмы состоят из одного неподвижного звена (стойки) и четырех подвижных звеньев, то при их взаимном замыкании звеньев образуются пять комбинаций взаимно замыкаемых звеньев во всех 20 механизмах (табл. 1).

Таблица 1

Номера по порядку	Структурная схема исходного механизма	Взаимозамыкаемые звенья исходного механизма	Структурная схема получаемого механизма
1а 1б 1в 1г 1д	В В В В В	В В В В (В-О) , коромысло 4- стойка В В В (В-В) , шатун 3 - коромысло 4 В В (В-В) В , шатун 2 - шатун 3 В (В-В) В В , кривошип 1 - шатун 2 (О-В) В В В В , стойка – кривошип 1	В В В В В В В В В В В В В В В В В В В В
2а 2б 2в 2г 2д	В В В В П (П В В В В)	В В В В (П-О) , ползун 4- стойка В В В (В- П) , коромысло 3 – ползун 4 В В (В-В) П , шатун 2- коромысло 3 В (В-В) В П , кривошип 1 - шатун 2 (О-В) В В В П , стойка – кривошип 1	В В В В В В В П В В В П В В В П В В В П
3а 3б 3в 3г 3д	В В В П В (В П В В В)	В В В П (В-О) , кулиса 4- стойка В В В (П-В) , камень 3- кулиса 4 В В (В-П) В , шатун 2 – камень 3 В (В-В) П В , кривошип 1 - шатун 2 (О-В) В В П В , стойка – кривошип 1	В В В П В В В В В В П В В В П В В В П В
4а 4б 4в 4г 4д	В В П В В (В В П В В)	В В П В(В-О) , коромысло 4 – стойка В В П (В-В) , кулиса 3- коромысло 4 В В (П-В) В , камень 2- кулиса 3 В (В-П) В В , кривошип 1- камень 2 (О-В) В П В В , стойка – кривошип 1	В В П В В В П В В В В В В П В В В П В В
5а 5б 5в 5г 5д	В В В П П (П П В В В)	В В В П(П-О) , ползун 4 - стойка В В В (П-П) , камень 3- ползун 4 В В (В- П) П , шатун 2- камень 3 В (В- В) П П , кривошип 1 - шатун 2 (О- В) В В П П , стойка – кривошип 1	В В В П В В В П В В П П В В П П В В П П
6а 6б 6в 6г 6д	В В П В П (П В П В В)	В В П В(П-О) , ползун 4 - стойка В В П (В- П) , кулиса 3- ползун 4 В В (П- В) П , камень 2- кулиса 3 В (В- П) В П , кривошип1 – камень 2 (О- В) В П В П , стойка- кривошип 1	В В П В В В П П В В В П В П В П В П В П

Продолжение табл. 1

7а	В П В В П (П В В П В)	В П В В (П-О) ,	ползун 4 - стойка	В П В В
7б		В П В (В- П) ,	шатун 3- ползун 4	В П В П
7в		В П (В-В) П ,	кулиса 2- шатун 3	В П В П
7г		В (П- В) В П ,	камень 1 – кулиса 2	В В В П
7д		(О- В) П В В П ,	стойка – камень 1	П В В П
8а	П В В В П	П В В В (П-О) ,	ползун 4 - стойка	П В В В
8б		П В В (В- П) ,	шатун 3 – ползун 4	П В В П
8в		П В (В-В) П ,	шатун 2 – шатун 3	П В В П
8г		(П-В) В В П ,	ползун 1 – шатун 2	П В В П
8д		(О- П) В В В П ,	стойка – ползун 1	В В В П
9а	В В П П В (В П П В В)	В В П П (В-О) ,	кулиса 4- стойка	В В П П
9б		В В П (П- В) ,	камень 3 – кулиса 4	В В П В
9в		В В (П-П) В ,	камень 2 – камень 3	В В П В
9г		В (В- П) П В ,	кривошип 1–камень 2	В П П В
9д		(О- В) В П П В ,	стойка – кривошип 1	В П П В
10а	В П В П В	В П В П (В-О) ,	кулиса 4 - стойка	В П В П
10б		В П В (П- В) ,	камень 3 – кулиса 4	В П В В
10в		В П (В-П) В ,	камень 2 – камень 3	В П П В
10г		В (П- В) П В ,	кулиса 1 –камень 2	В В П В
10д		(О- В) П В П В ,	стойка – кулиса 1	П В П В
11а	В В П П П (П П П В В)	В В П П (П-О) ,	ползун 4 - стойка	В В П П
11б		В В П (П- П) ,	ползун 3 – ползун 4	В В П П
11в		В В (П-П) П ,	камень 2 – ползун 3	В В П П
11г		В (В- П) П П ,	кривошип 1 –камень 2	В П П П
11д		(О- В) В П П П ,	стойка – кривошип 1	В П П П
12а	В П В П П (П П В П В)	В П В П (П-О) ,	ползун 4 - стойка	В П В П
12б		В П В (П- П) ,	камень 3 – ползун 4	В П В П
12в		В П (В-П) П ,	камень 2 – камень 3	В П П П
12г		В (П- В) П П ,	кулиса 1–камень 2	В В П П
12д		(О- В) П В П П ,	стойка – кулиса 1	П В П П
13а	В П П В П (П В П П В)	В П П В (П-О) ,	ползун 4 - стойка	В П П В
13б		В П П (В- П) ,	кулиса 3 – ползун 4	В П П П
13в		В П (П-В) П ,	камень 2 – кулиса 3	В П В П
13г		В (П- П) В П ,	кулиса 1 – камень 2	В П В П
13д		(О- В) П П В П ,	стойка – кулиса 1	П П В П
14а	В П П П В	В П П П (В-О) ,	кулиса 4 - стойка	В П П П
14б		В П П (П- В) ,	камень 3 – кулиса 4	В П П В
14в		В П (П-П) В ,	камень 2 – камень 3	В П П В
14г		В (П- П) П В ,	кулиса 1 – камень 2	В П П В
14д		(О- В) П П П В ,	стойка – кулиса 1	П П П В

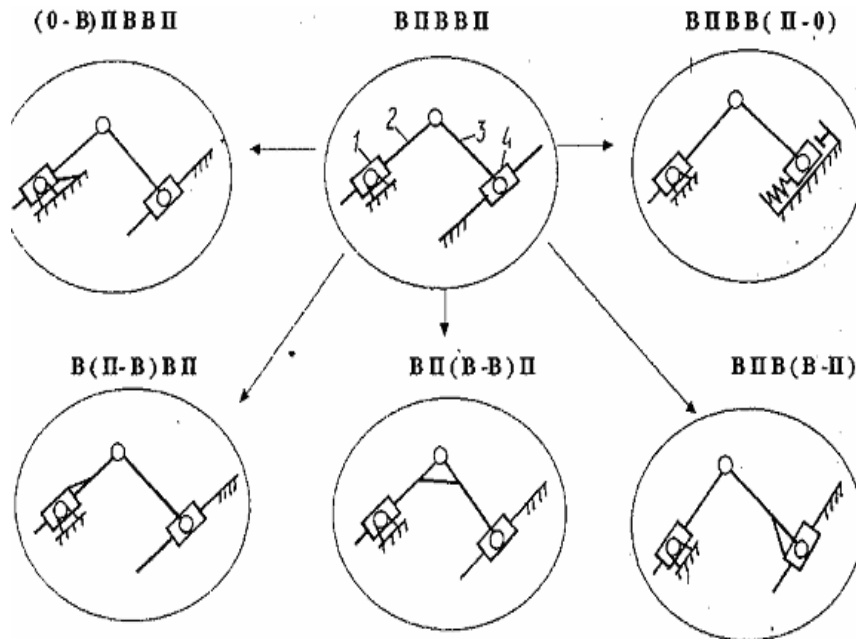
Продолжение табл. 1

15а	П В В П П (П П В В П)	П В В П (П-О), П В В (П- П), П В (В-П) П, П (В- В) П П, (О- П) В В П П,	ползун 4 - стойка камень 3 – ползун 4 шатун 2 – камень 3 ползун 1 – шатун 2 стойка – ползун 1	П В В П
15б				П В В П
15в				П В П П
15г				П В П П
15д				В В П П
16а	П В П В П	П В П В (П-О), П В П (В- П), П В (П-В) П, П (В- П) В П, (О- П) В П В П,	ползун 4 - стойка кулиса 3 – ползун 4 кулиса 2 – кулиса 3 ползун 1 – кулиса 2 стойка – ползун 1	П В П В
16б				П В П П
16в				П В В П
16г				П П В П
16д				В П В П
17а	В П П П П (П П П П В)	В П П П (П-О), В П П (П- П), В П (П-П) П, В (П- П) П П, (О- В) П П П П,	ползун 4 - стойка ползун 3 – ползун 4 камень 2– ползун 3 кулиса 1 – камень 2 стойка – кулиса 1	В П П П
17б				В П П П
17в				В П П П
17г				В П П П
17д				П П П П
18а	П В П П П (П П П В П)	П В П П (П-О), П В П (П- П), П В (П-П) П, П (В- П) П П, (О- П) В П П П,	ползун 4 - стойка камень 3 – ползун 4 кулиса 2– камень 3 ползун 1 – кулиса 2 стойка – ползун 1	П В П П
18б				П В П П
18в				П В П П
18г				П П П П
18д				В П П П
19а	П П В П П (П П В П П)	П П В П (П-О), П П В (П- П), П П (В-П) П, П (П- В) П П, (О- П) П В П П,	ползун 4 - стойка камень 3– ползун 4 кулиса 2– камень 3 ползун 1 – кулиса 2 стойка – ползун 1	П П В П
19б				П П В П
19в				П П П П
19г				П В П П
19д				П В П П
20а	П П П П П	П П П П (П-О), П П П (П- П), П П (П-П) П, П (П- П) П П, (О- П) П П П П,	ползун 4 - стойка ползун 3 – ползун 4 ползун 2 – ползун 3 ползун 1 – ползун 2 стойка – ползун 1	П П П П
20б				П П П П
20в				П П П П
20г				П П П П
20д				П П П П

Рассмотрим примеры создания МПС, переходящих от четырех подвижных звеньев к трем посредством замыкания друг с другом относительно подвижных звеньев (второй тип создания МПС табл. 1).

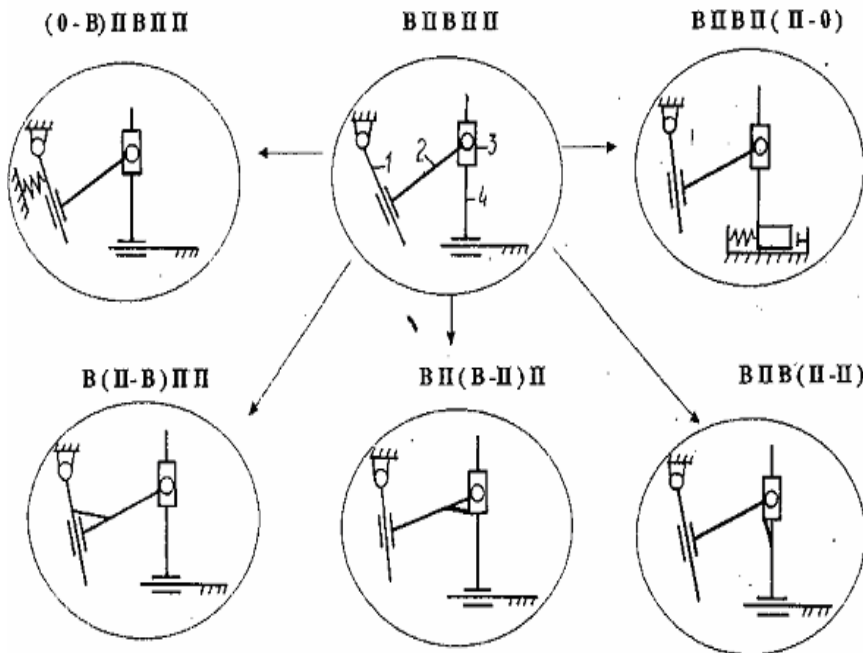
В П В В П. Механизм (рис. 16) состоит из стойки 0, камня 1, кулисы 2, шатуна 3 и ползуна 4 и имеет две степени подвижности (схема переходов 7, табл. 1).

При взаимном замыкании звеньев ползун 4 - стойка 0 этот механизм может перейти из двухподвижной схемы **ВПВВП** к одноподвижной схеме **ВПВВ**. При другом взаимном замыкании звеньев: шатун 3- ползун 4 или кулиса 2 - шатун 3 этот механизм может перейти из двухподвижной схемы **ВПВВП** к одноподвижной схеме **ВПВП**. В другом случае замыкания: камень 1- кулиса 2 этот механизм может перейти из двухподвижной схемы **ВПВВП** к кривошипно-ползунному механизму **ВВВП**. Или, в случае взаимного замыкания стойка 0 - камень 1, к одноподвижной схеме **ПВВП**. Схема переходов представлена на рис. 16. Это соответствует схеме переходов 7а, 7б, 7в, 7г и 7д табл. 1.

Рис. 16. Схемы переходов МПС типа **ВПВВП**.

Рассмотрим другой пример создания МПС

В П В П П. Механизм (рис. 17) состоит из неподвижного звена- стойки 0 и четырех подвижных звеньев: кулисы 1, двух камней 2 и 3, ползуна 4 и имеет две степени подвижности.

Рис. 17. Схемы переходов МПС типа **ВПВПП**.

При взаимном замыкании звеньев: ползун 4 - стойка 0 или камень 3- ползун 4 этот механизм может перейти из схемы **ВПВПП** в одноподвижную схему – тангенсный механизм **ВПВП**. При другом взаимном замыкании звеньев: камень 2 - камень 3 механизм может перейти из схемы **ВПВПП** в схему механизма **ВППП**. При взаимном замыкании звеньев: кулиса 1 - камень 2 этот механизм может перейти из схемы **ВПВПП** в одноподвижную схему - синусный механизм **ВВП**.

Или, в случае взаимного замыкания стойки 0 и кулисы 1, этот механизм может перейти из схемы **ВПВПП** в одноподвижную схему **ПВПП**. Схема переходов представлена на рис. 17. Это соответствует схеме переходов 12а, 12б, 12в, 12г и 12д табл. 1.

Аналогичным способом, разработаны еще 18 типов МПС, схемы, создание которых приведены в диссертации.

Таким образом, решена задача разработки теоретических основ создания всех типов МПС с четырьмя подвижными звеньями.

В третьей главе даны методические основы создания исполнительных механизмов кузнечно-штамповочных машин с механизмами переменной структуры.

По результатам анализа работы механизмов переменной структуры прессов, составлены восемь обобщенных схем способов взаимного замыкания звеньев примененные в кузнечно-прессовых машинах.

В первом случае (рис. 18а) в холостых режимах работы звенья (ползуны) 1 и 2 относительно подвижны. В рабочих режимах ползуны 1 и 2 жестко замыкаются друг с другом с помощью управляющего устройства, выполненного в виде поворотной стойки 3.

Во втором случае (рис. 18б) ползун 1 неподвижен относительно стойки 0, так как движение ползуна вверх ограничивается ограничителем хода ползуна 3, а вниз – усилием упругого элемента 2. Следует отметить, что ограничение хода ползуна вниз условное, до превышения возмущающей нагрузки $P_{воз}$, действующей на ползун от усилия прижима упругого элемента $P_{упр}$, т.е. при $P_{воз} > P_{упр}$ ползун может перемещаться вниз.

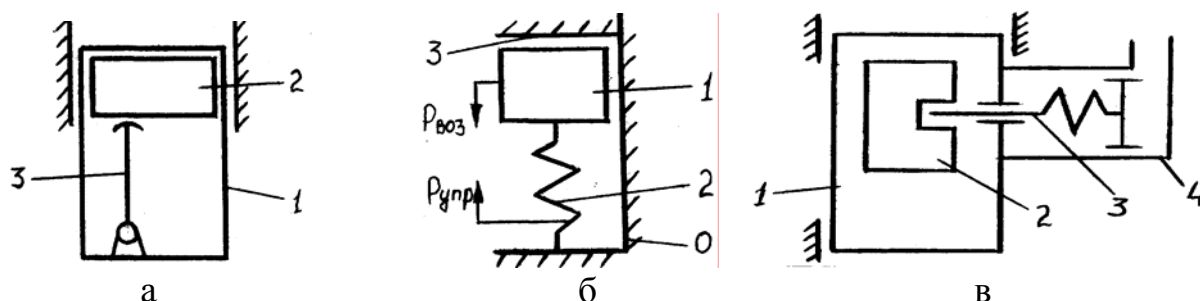


Рис. 18. Первый (а), второй (б) и третий (в) способы взаимного замыкания звеньев.

В третьем случае при необходимости замыкания двух звеньев 1 и 2, при совпадении их отверстий, в них вставляется палец 3.

В механизмах известен также четвертый способ взаимного, жесткого замыкания звеньев силовым элементом, представляющим собой гидроцилиндр или пневмоцилиндр, подвижно соединенный с этими звеньями. Подвижное соединение силового элемента с этими звеньями образует избыточную (дополнительную) пассивно-активную связь между двумя звеньями, или двух звеньев с третьим звеном. На рис. 19 представлен четвертый способ замыкания звеньев. Два относительно подвижных звена 1 и 2 соединены или силовым элементом (пневмоцилиндром или гидроцилиндром) 3 (рис.19 а и б) избыточной связью, или через силовый элемент 3 с другим звеном (стойкой) 4 (рис.19 в).

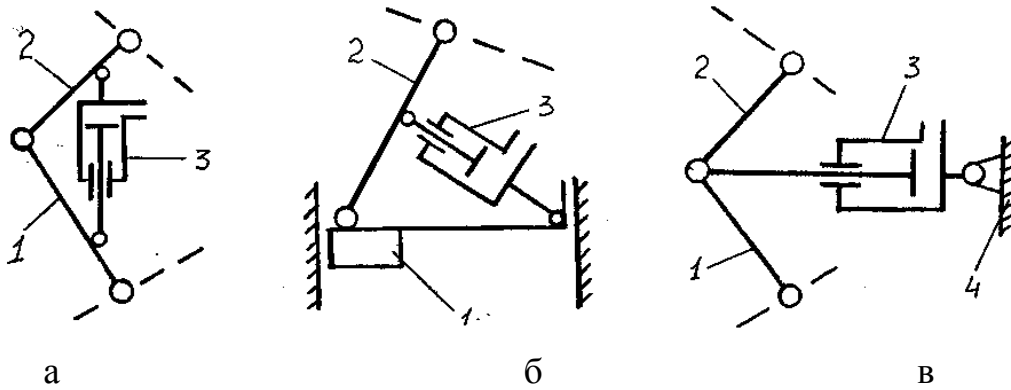


Рис. 19. Схема четвертого способа замыкания звеньев.

В рычажных прессах применен пятый способ замыкания звеньев (рис. 20а), когда между дополнительным ползуном 2 и стойкой 1 вставляется (убирается) вспомогательный элемент 3 с помощью устройства включения 4.

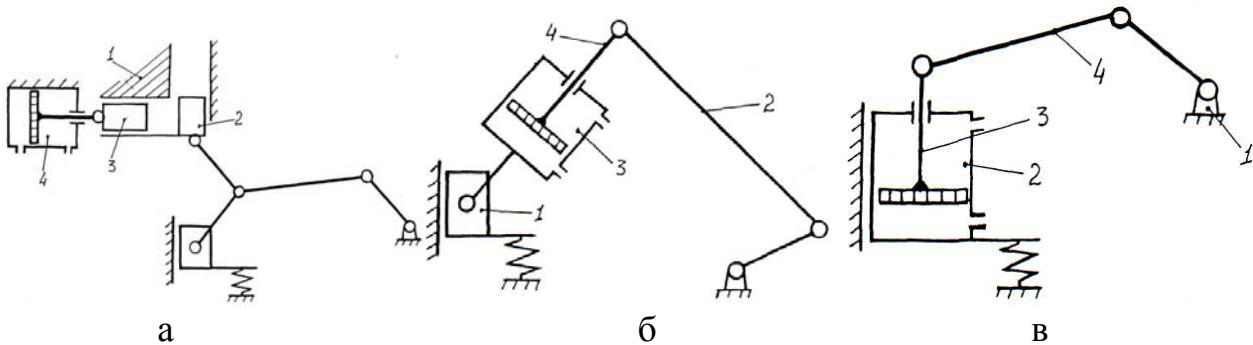


Рис. 20. Схемы пятого (а), шестого (б) и седьмого (в) способов замыкания звеньев.

В шестом способе замыкания звеньев (рис. 20б) изменяется длина коромысла, и пресс переходит из холостого в рабочий режим или наоборот.

Седьмой способ замыкания звеньев. В конструкции механогидравлического пресса с двумя ползунами, оба ползуна выполнены в виде корпуса гидроцилиндра 2 и его штока 3. Шток 3 шарнирно соединен с шатуном 4, а корпус 2 установлен на направляющих станины 1.

В машинах и механизмах известен восьмой способ взаимного замыкания звеньев, в частности, коромысла к ползуну по их взаимному положению, разработанный П.М. Алабужевым и его учениками. Этот метод был успешно применен в разработке конструкции бурового автомата в работах О.Д. Алимова, В.К. Манжосова.

Сущность метода П.М. Алабужева, О.Д.Алимова, В.К. Манжосова и их учеников заключается в том, что в шарнирно-пятизвенном механизме с ползуном (со структурной формулой ВВВВП) и упругим элементом, замыкание коромысла с ползуном осуществляется за счет изменения положения шатуна относительно коромысла (рис. 21).

В верхнем положении кривошипа 1 коромысло 3 упирается в упор ползуна. При дальнейшем движении кривошипа усилие тяги шатуна и усилие сопротивления упругого элемента создает момент M_k , прижимающий коромысло к ползуну, и оно замыкается на ползуне. МПС переходит от шарнирно-четырёхзвенного режи

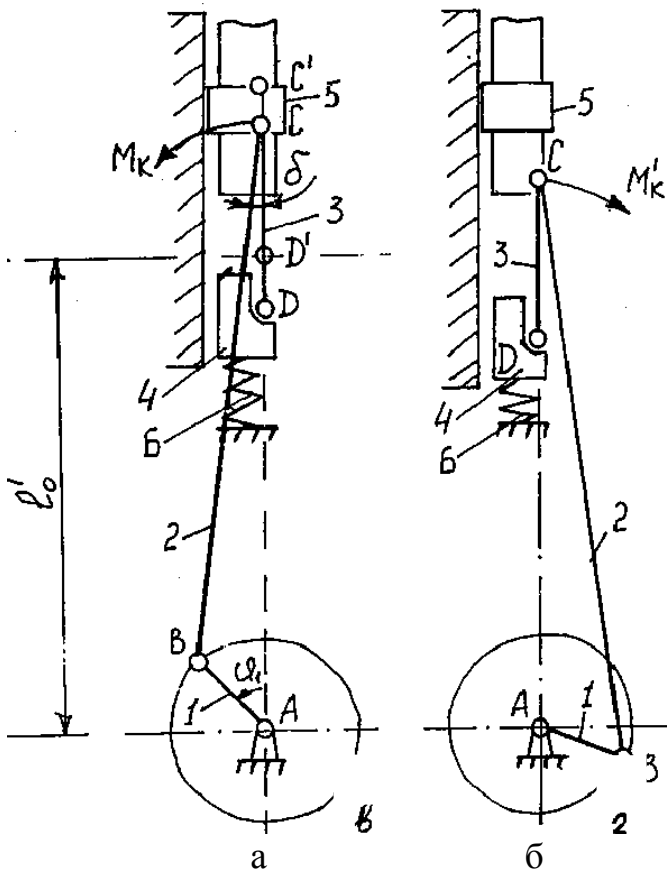


Рис. 21. Восьмой способ взаимного замыкания звеньев П.М. Алабужева, О.Д. Алимова, В.К. Манжосова и их учеников.

Таким образом, буровой механизм переходит от вращательного режима к ударно-вращательному режиму.

Такое размыкание звеньев по взаимному положению звеньев назовем девятым способом размыкания Алабужева, Алимова, Манжосова и их учеников.

В работе этого механизма использована еще одна важная особенность – за счет изменения положения межопорного расстояния кривошипа и коромысла создаются условия для замыкания звеньев: коромысла и ползуна.

Таким образом, решена задача разработки обобщенных схем взаимного способа замыкания звеньев

Используя теоремы 1, 2, 3 и особые положения звеньев можно разработать МПС. Ниже приведены МПС, защищенные 14 авторскими свидетельствами СССР, эти конструкции МПС разработаны раньше, но теоретические основы разработки теорем 1, 2 и 3 подходят для разработки этих МПС.

Второе условие существования особого положения звеньев и теорем 1, 2, 3 могут являться теоретической основой для разработки трех схем кривошипно-ползунных МПС, защищенных тремя авторскими свидетельствами СССР: № 1424274 с управляющим пневмоцилиндром (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов), № 1568413 с управляющим кулачком (соавторы С. Абдраимов, К.А. Мамырбаев), № 1580732 с дополнительным зубчатым устройством включения (соавторы С. Абдраимов, В.С. Винокуров, В.А.Титов).

ма с качающимся коромыслом к кривошипно-ползунному режиму (рис.21а).

Этот способ замыкания коромысла на ползуне за счет усилия тяги шатуна и сопротивления упругим элементом, назовем способом замыкания звеньев Алабужева, Алимова, Манжосова и их учеников восьмым.

При дальнейшем вращении кривошипа ползун перемещается вниз, сжимая упругий элемент. После перехода нижнего положения кривошипа на звеньях МПС за счет тяги шатуна и силы сопротивления упругого элемента создается момент M'_k , который стремится разомкнуть коромысло (рис.21б).

Под действием момента M'_k коромысло начинает поворачиваться вокруг своей оси. Оно освобождается от замыкания на ползуне. Силы сжатого упругого элемента разгоняют ползун, и он ударяется о хвостовик инструмента.

Схема МПС представлена на рис. 22 (АС СССР № 142427).

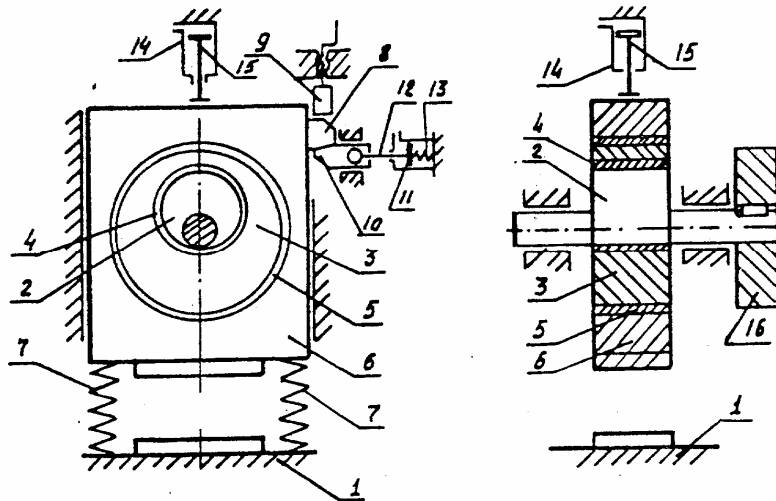


Рис. 22. Кинематическая схема кривошипно-ползунного МПС с управляющим пневмоцилиндром.

МПС состоит из станины 1, кривошипного вала 2, кругового шатуна 3 и ползуна 6. Кривошипный вал и шатун встроены внутри ползуна.

Длина шатуна и кривошипа равны друг другу.

В исходном положении упругие элементы 7 прижимают ползун 6 к верхнему ограничителю хода ползуна. Ползун 6 зафиксирован в верхнем положении с помощью кулачка 8 и фиксатора 10.

В холостом режиме оси кривошипа и шатуна совпадают, и они вращаются вместе, ползун неподвижен.

При необходимости перехода в рабочий режим в пневмоцилиндры 11 и 14 подается сжатый воздух. Шток 12 при сжатии упругого элемента 13 втягивается в пневмоцилиндр 11 и вместе с ним перемещается фиксатор 10, освобождая ползун 6 с кулачком 8 ход вниз. Шток 15 пневмоцилиндра 14 давит на ползун 6. При этом ползун 6 остается неподвижным до подхода к крайнему левому положению кривошипного вала 2. В крайнем левом положении кривошипа, когда направление линейной скорости кривошипного вала 2 совпадает с направлением действия пневмоцилиндра включения, начинает перемещаться ползун 6. Причем перемещается он вниз под действием штока 15 пневмоцилиндра 14, но его перемещение будет соответствовать изменению положения кривошипного вала 2. Центр шатуна 3 опускается вниз вместе с ползуном 6, и теперь он не совпадает с осью опоры кривошипного вала 2. Устройство превращается в кривошипно-ползунный механизм, и при дальнейшем провороте кривошипного вала 2 ползун 6 перемещается вниз - происходит рабочий ход.

Ход ползуна МПС равен $h=2l_1$, где h – ход ползуна, l_1 – длина кривошипа.

Аналогичным способом, используя второе условие существования особого положения, разработан аналогичный МПС, в котором ход ползуна равен $h=4l_1$. На рис. 23 показан кривошипно-ползунный МПС с дополнительным зубчатым устройством включения звеньев кривошипно-ползунного механизма. (А.С. СССР № 1580732).

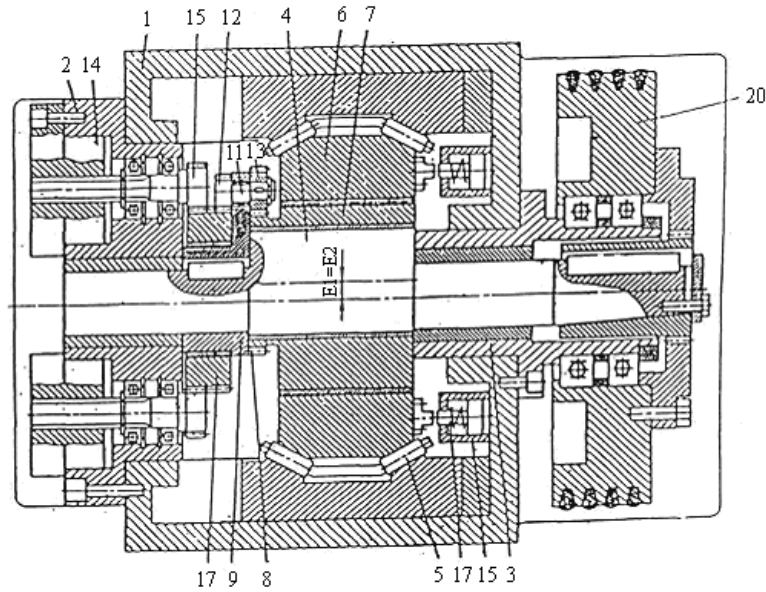


Рис. 23. Схема кривошипно-ползунного МПС с дополнительным зубчатым устройством включения.

Схема механизма переменной структуры типа **ВВВВП**, созданная с использованием теорем 1, 2, 3 и четвертого условия существования особого положения звеньев механизма (восьмое особое положение звеньев) представлена на рис. 24а. Механизм состоит из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, ползуна 4, упругих элементов 5, пневмоцилиндров включения 6 и отключения 7.

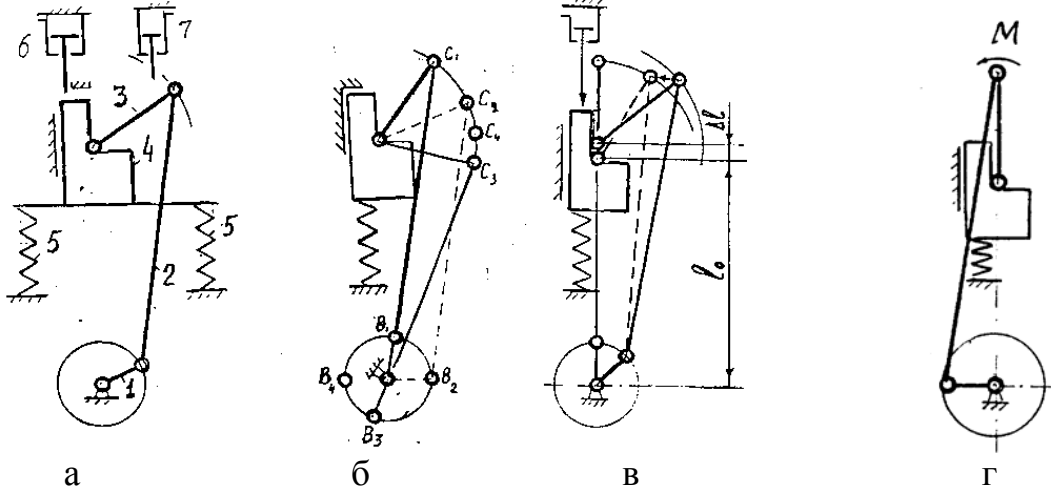


Рис. 24. Схема механизма переменной структуры типа **ВВВВП**.

Холостой режим работы поясняется схемой, представленной на рис. 24б. В этом режиме упругий элемент удерживает ползун в верхнем исходном положении, вращательное движение кривошипа через шатун преобразуется в качательное движение коромысла. Ползун находится в состоянии покоя.

При необходимости перехода в рабочий режим ползун перемещается вниз на небольшое расстояние с помощью дополнительного устройства (пневно-, гидроцилиндр, электромагнитное устройство и т.д.). В результате изменяется угол качания коромысла (рис. 24в), т.е. оно с траектории АВ переходит на траекторию СД и качается до вертикального положения.

В вертикальном положении коромысла его дальнейшему повороту препятствует упор ползуна, поэтому коромысло, упираясь в него, останавливается. При дальнейшем повороте кривошипа шатун начинает перемещать ползун, т.е. механизм превращается в кривошипно-ползунный, т.к. сила сопротивления упругого элемента создает на коромысле момент M , стремящийся замкнуть коромысло к ползуну (рис. 24z).

Созданная конструкция шарнирно-пятизвенного механизма переменной структуры дифференциального типа защищена четырьмя авторскими свидетельствами СССР: № 1139051 (соавторы О.Д. Алимов, В.К. Манжосов, С. Абдраимов, М.И. Парышкара), № 1389168 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, М.С. Джуматаев, Ю.В. Федоренко), № 1472730 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, М.С. Джуматаев), № 1412113 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, С.А. Гигин, А.Д. Ташматов). Аналогичным образом разработаны: суммирующая схема МПС для универсального пресса (рис. 25), схема МПС с круговыми движениями с качающимся коромыслом (рис. 26), схема МПС с круговыми звеньями с вращающимися звеньями (рис. 27).

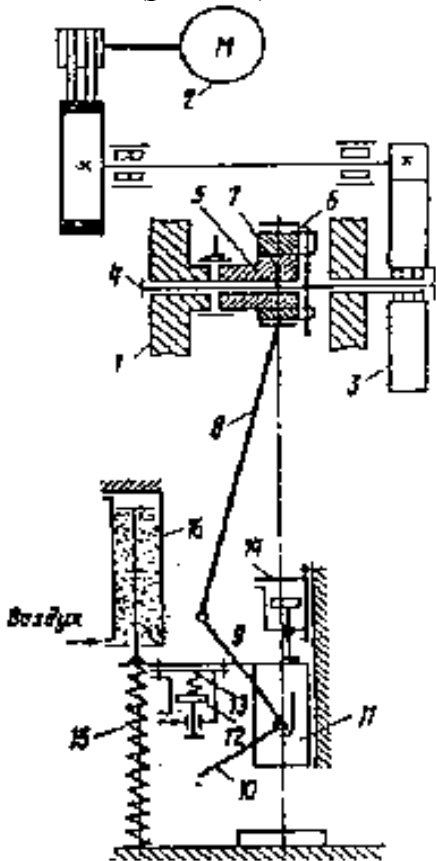


Рис. 25. Суммирующая схема МПС.

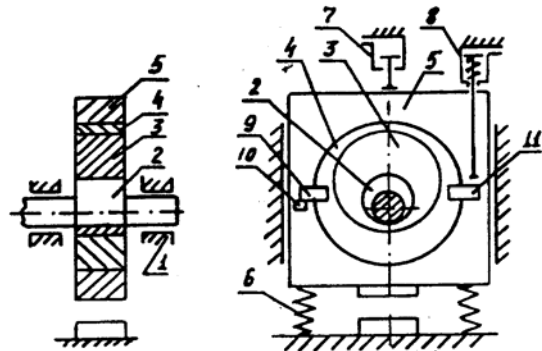


Рис. 25. Кинематическая схема пресса с механизмом переменной структуры (МПС) с круговыми звеньями.

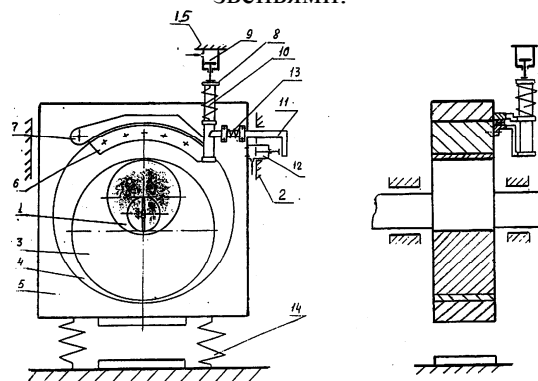


Рис. 27. Кинематическая схема МПС.

Таким образом, всего разработано 14 схем МПС прессов и 7 схем вспомогательных устройств прессов, защищенные 21 авторскими свидетельствами на изобретение СССР (в соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов и др.). Вышеназванные схемы и описания приведены в диссертации.

Таким образом, решена задача разработки конструктивных схем МПС.

В четвертой главе приведены методы расчета параметров МПС прессов. Ус-

тановлены 4 режима работы МПС со своими требованиями: холостой режим работы, переходный режим от холостого в рабочий, кривошипно-ползунный режим, переходной режим от рабочего в холостой.

Кривошипно-ползунный режим. Коромысло замкнуто на ползуне, механизм работает как кривошипно-ползунный механизм.

Холостой режим работы. В этом режиме ползун неподвижен, т.е. замкнут на стойку, механизм работает как шарнирно-четырёхзвенный с качающимся коромыслом, и имеет одну степень свободы. Ползун должен быть надёжно замкнут на станине, исключая случайный переход в рабочий режим МПС.

Переходный режим от холостого в рабочий. В этом режиме механизм имеет две степени свободы, по этой причине для получения управляемого движения звеньев механизма необходимо двум звеньям задавать управляемые движения. Кривошипу - от двигателя, ползуну - от устройства включения.

Переходный режим от рабочего в холостой. В этом режиме МПС также имеет 2 степени свободы. Здесь дополнительным двигателем служат: в начале режима - устройство отключения, с помощью которого проворачивается коромысло, в конце режима - упругие элементы, накопленная потенциальная энергия которых, после освобождения коромысла от захвата перемещает ползун в исходное положение, т.е. вторым двигателем являются упругие элементы.

В диссертации обосновано, что для кривошипно-ползунного режима работы МПС, можно применить методики расчета кинематических и динамических параметров кривошипно-ползунного механизмов, применяемых в курсе ТММ, авторов И.И. Артоболевского, С.Н. Кожевникова и других.

Для кривошипно-ползунного режима (с эксцентриситетом) определены безразмерные кинематические параметры, характеризующие перемещения, скорости и ускорения ползуна, а также безразмерные силовые параметры: моменты на кривошипе, усилие, действующее на ползун от крутящего момента на кривошипе. Усилие, действующее на направляющие ползуна, и соотношения усилий ползуна на направляющих.

Составлены следующие расчетные формулы, определяющие массово-геометрические и режимные параметры кривошипно-ползунного механизма:

Безразмерная характеристика перемещения ползуна:

$$\theta = \frac{h}{l_1} = \frac{1}{\lambda} \left[\sqrt{(1+\lambda)^2 - k^2} - \lambda \cos \varphi_1 - \sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2} \right], \quad (9)$$

где φ_1 - угол поворота кривошипа, l_1, l_2 - длины кривошипа и шатуна, $\lambda = l_1/l_2$, $k = e/l_2$, e - длина эксцентриситета.

Безразмерная характеристика скорости ползуна:

$$V = \frac{v}{l_1 \dot{\varphi}_1} = \sin \varphi_1 + \frac{\cos \varphi_1 (\lambda \sin \varphi_1 - k)}{\sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2}}, \quad (10)$$

Безразмерная характеристика ускорения ползуна:

$$A = \frac{\ddot{a}}{l_1 \dot{\varphi}_1^2} = \cos \varphi_1 + \frac{\lambda \cos^2 \varphi_1}{\sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2}} - \frac{\sin \varphi_1 (\lambda \sin \varphi_1 - k)}{\sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2}}, \quad (11)$$

Безразмерные формулы позволяющие определить динамические параметры кривошипно-ползунного механизма.

Усилие, действующее на ползуне от момента на кривошипе:

$$F_{n\sigma} = \frac{F_n}{F_1} = \frac{F_n}{T/l_1} = \frac{\sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2}}{\sin \varphi_1 \sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2} + (\lambda \sin \varphi_1 - k) \cdot \cos \varphi_1}, \quad (12)$$

где F_1 – усилие, действующее на кривошипе, T – крутящий момент на валу кривошипа.

Усилие, действующее на направляющие ползуна от момента на кривошипе

$$F_n = \frac{F_{3.0}}{T/l_1} = \frac{\lambda \sin \varphi_1 - k}{\sin \varphi_1 \sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2} + (\lambda \sin \varphi_1 - k) \cdot \cos \varphi_1}. \quad (13)$$

Момент на кривошипе от усилия сопротивления на ползуне:

$$\mu_T = \frac{T}{F_n l_1} = \left(\sin \varphi_1 + \frac{\lambda \cos \varphi_1 (\lambda \cdot \sin \varphi_1 - k)}{\sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2}} \right). \quad (14)$$

Рациональная длина кривошипа по заданной глубине обработки:

$$l_1 = \frac{h\lambda}{\left[\sqrt{(1 + \lambda)^2 - k^2} - \lambda \cos \varphi_1 - \sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2} \right]}. \quad (15)$$

По формулам 12, 13 и 14 при значениях $0,1 \leq \lambda \leq 0,9$ построены диаграммы усилия на ползуне, на направляющие, и их соотношения, а также момент на кривошипе, по которым можно обосновывать оптимальное значение коэффициента шатуна λ .

Проанализировано влияние сил инерции звеньев на быстроходность и определены реакции на опоры кривошипа от сил инерции ползуна по вертикальной и горизонтальной оси в безразмерной форме

$$R_x = \frac{\vec{R}_x^u}{m_n l_1 \dot{\varphi}_1^2} = \cos \varphi_1 \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1} (\cos \varphi_1 \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1} + \lambda \sin^2 \varphi_1) \times \left(\cos \varphi_1 + \frac{\lambda \cos^2 \varphi_1}{\sqrt{[1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1]^3}} - \frac{\lambda \sin^2 \varphi_1}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1}} \right) m l_1 \dot{\varphi}_1^2 \quad (16)$$

$$R_y = \frac{\vec{R}_y^u}{m_n l_1 \dot{\varphi}_1^2} = \sin \varphi_1 \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1} (\cos \varphi_1 \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1} + \lambda \sin^2 \varphi_1) \times \left(\cos \varphi_1 + \frac{\lambda \cos^2 \varphi_1}{\sqrt{[1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1]^3}} - \frac{\lambda \sin^2 \varphi_1}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1}} \right) m l_1 \dot{\varphi}_1^2 \quad (17)$$

Разделив уравнения (16) и (17) на $m l_1 \dot{\varphi}_1$, получаем безразмерную кинематическую характеристику влияния силы инерции ползуна на опору кривошипа. Результат расчета приведен на рис. 28.

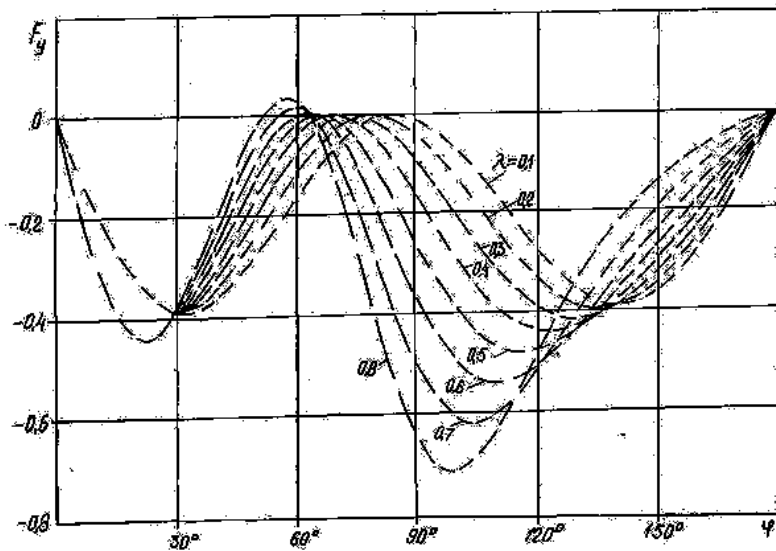


Рис. 28. Графики характеристики реакций, действующих на опору кривошипа от сил инерции на ползуне, действующая перпендикулярно направлению перемещения ползуна.

$=0,015\text{м}$, $l_2 = 0,31\text{м}$ с частотой вращения кривошипа $n_1 = 100$ об/мин, то $\lambda = 0,015/0,31 = 0,048$. Используя рис. 34, при $\lambda = 0,048 \approx 0,1$ определяем максимальную величину силы, действующей в горизонтальном направлении $F = 0,38$.

Умножая это значение, на $m_{kp} \cdot l_1 \cdot \dot{\varphi}_1^2$, получаем действительную величину силы инерции, действующей в горизонтальном направлении, т.е. $F = 9,86$ Н. Если здесь мы увеличиваем частоту вращения кривошипа до 1000 об/мин, то величина силы инерции, действующей в горизонтальном направлении возрастает до $F = 980$ Н.

Если учесть, что вес прессы составляет 9800 Н, то при действии на пресс такого усилия в горизонтальном направлении пресс может потерять устойчивость.

Для уравнивания сил инерции кривошипно-ползунных механизмов разработано устройство уравнивания, защищенное авторским свидетельством СССР № 1310647 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, М.С. Джуматаев), которое полностью компенсирует силы инерции и переменного момента.

Устройство работает следующим образом (рис. 29).

Водило 2 присоединяют к кривошипу 3 механизма. При работе механизма сателлиты 4 - 6 обкатываются вокруг центрального колеса 1, при этом дебаланс сателлита 5 создает инерционную силу, изменяющуюся по тому же закону, что и сила инерции кривошипно-ползунного механизма, но противоположную ей по направлению.

Переменные моменты инерции механизма и блока сателлитов вызывают крутильные колебания вала кривошипа 3. Для компенсации этих колебаний пред-

Силы инерции, действующие по оси ОУ (рис. 28) имеют два максимума, т.е. при перемещении ползуна от верхнего до нижнего положения два раза раскачивают станину в одну сторону. При обратном перемещении ползуна, снова два раза раскачивают станину, но в другую сторону.

С увеличением быстроты прессы, величина влияния силы инерции на устойчивость прессы, имеет существенное значение.

Так, например, если рассмотреть пресс ФПА-10АО с массой ползуна $m = 15,7$ кг, l_1

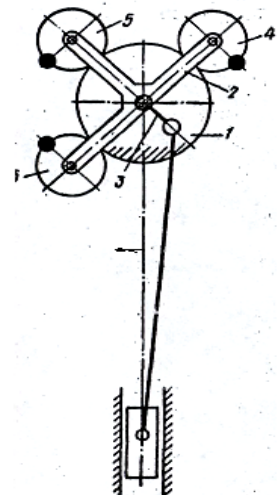


Рис. 29. Схема устройства для уравнивания силы инерции кривошипно-ползунных механизмов

назначены сателлиты 4 и 6, имеющие в сумме переменный момент инерции.

Таким образом, решена задача разработки инженерной методики расчета параметров МПС работающих в рабочем режиме как кривошипно-ползунный механизм с эксцентриситетом и уравниванию сил инерции звеньев.

В пятой главе приведена методика расчета переходных режимов МПС прес-сов.

В связи с этим методика расчета параметров МПС при переходных режимах в особых положениях звеньев существенно отличается от переходных режимов обычных механизмов, применяемых в прессах. Например, в обычных прессах включение и отключение в рабочий режим осуществляется одним устройством муфтой-тормозом. В безмуфтовых прессах с силовым замыканием – с помощью управляющего устройства. Перевод МПС из одного режима в другой в особых положениях имеет некоторые особенности.

Результаты анализа формул, приведенных в диссертации показывают, что при переходе из холостого режима в рабочий, в зависимости от начальных условий, скорость качания коромысла может увеличиваться или уменьшаться. От перемещения ползуна вниз коромысло качается только в сторону захвата. А от вращения кривошипа коромысло может качаться в сторону захвата или наоборот. Когда направление скоростей коромысла от кривошипа и от ползуна совпадают, то коромысло качается с большой скоростью и ударяется по ограничителю ползуна 6, вызывая при этом динамические нагрузки. По этой причине необходимо начальные условия перемещения ползуна согласовать с фазами качания коромысла. Когда перемещение ползуна совпадает с качанием коромысла в сторону от захвата, влияние перемещения ползуна на динамические нагрузки в момент захвата уменьшается до минимума.

В зависимости от скорости перемещения ползуна и его величины при переходном режиме могут возникнуть несколько особенностей режима.

Если пневмоцилиндр включения не успевает перемещать ползун до подхода коромысла к особому положению могут произойти так называемый «некачественный захват коромысла», МПС может работать как импульсный генератор и могут возникнуть удары ползуна по станине. С целью исключения «некачественного захвата коромысла» сформулировано условие по перемещению ползуна для пневмоцилиндра включения.

Таким образом, если рассматривать математическое описание переходного режима из холостого в рабочий, то он выглядит по следующей последовательности четырех этапов.

1 этап. К началу переходного режима механизм существует как шарнирно-четырёхзвенный механизм с качающимся коромыслом, т.е. ведомым звеном является коромысло, и его кинематические параметры определяются следующими формулами:

Угол качания коромысла при постоянстве межопорного расстояния $(l_0 + \Delta l) = \text{const}$:

$$\varphi_3 = f[\varphi_1(t), l_1, l_2, l_3, (l_0 + \Delta l)], \quad (18)$$

или

$$\varphi_3 = \arctg \frac{l_1 \cdot \sin \varphi_1}{l_1 \cos \varphi_1 - (l_0 + \Delta l)} - \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 - l_1^2 - (l_0 + \Delta l)^2 + 2(l_0 + \Delta l)l_1 \cos \varphi_1}{2l_3 \sqrt{l_1^2 + (l_0 + \Delta l)^2 - 2(l_0 + \Delta l)l_1 \cos \varphi_1}}. \quad (19)$$

Скорость коромысла определяется:

$$\dot{\varphi}_3 = \frac{df[\varphi_1(t), l_1, l_2, l_3, (l_0 + \Delta l)]}{dt}, \quad (20)$$

или

$$\dot{\varphi}_3 = \left[\frac{l_1((l_0 + \Delta l) \cos \varphi_1 - l_1)}{l_4} - \frac{(l_0 + \Delta l)l_1(l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) \sin \varphi_1}{l_4^2 \sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \right] \dot{\varphi}_1. \quad (21)$$

Ускорения коромысла

$$\ddot{\varphi}_3 = \frac{d^2 f[\varphi_1(t), l_1, l_2, l_3, (l_0 + \Delta l)]}{dt^2}, \quad (22)$$

или

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi}_3 = & \frac{l_1((l_0 + \Delta l) \cos \varphi_1 - l_1)}{l_4} \cdot \ddot{\varphi}_1 - \frac{(l_0 + \Delta l)l_1(l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) \sin \varphi_1}{l_4^2 \sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \times \left[\ddot{\varphi}_1 - \frac{2(l_0 + \Delta l)l_1 \sin \varphi_1}{l_4^2} \dot{\varphi}_1^2 \right] - \\ & - \left[\frac{l_1(l_0 + \Delta l) \sin \varphi_1}{l_4^2} + \frac{l_1(l_0 + \Delta l) \cos \varphi_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2)}{l_4^2 \sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \dot{\varphi}_1^2 \right] - \\ & \frac{4(l_0 + \Delta l)l_1 l_3^2 \cdot \sin \varphi_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) - 3(l_2^2 - l_3^2) + 2l_4^2(l_2^2 + l_3^2)}{\sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \cdot \frac{(l_0 + \Delta l)^2 l_1^2 \sin^2 \varphi_1}{l_4^2} \dot{\varphi}_1^2. \end{aligned} \quad (23)$$

2 этап. С началом переходного режима МПС обладает двумя степенями свободы, имеет два ведущих звена - кривошипа и ползуна, одно ведомое звено - коромысло. В этом этапе к ползуну воздействует шток пневмоцилиндра включения.

Движущей силой ползуна в этом этапе является усилие пневмоцилиндра включения. По этой причине, поскольку движущая сила приложена к ползуну – он считается ведущим звеном. Под действием движущих сил ползун начинает перемещаться, при этом перемещение ползуна зависит только от силы воздействия пневмоцилиндра, которая преодолевает силы сопротивления упругих элементов и силы трения на направляющих ползуна. Движущая сила ползуна определяется:

$$F_{\text{дв}} = F_{\text{ин}} + G - F_{\text{упр}} - F_{\text{тр}} \quad (24)$$

где $F_{\text{ин}}$ - усилие пневмоцилиндра включения, G – вес ползуна, $F_{\text{упр}}$ – усилие сопротивления упругого элемента, $F_{\text{тр}}$ – силы трения на направляющих ползуна.

Ведомым звеном является коромысло, движение которого зависит от двух параметров – положения кривошипа и положения ползуна, и определяется по формулам:

Положение коромысла при переменном $l_0(t) \neq \text{const}$ определяется:

$$\varphi_3 = f[\varphi_1(t), l_1, l_2, l_3, l_0(t)], \quad (25)$$

или

$$\varphi_3 = \arctg \frac{l_1 \cdot \sin \varphi_1}{l_1 \cos \varphi_1 - l_0(t)} - \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 - l_1^2 - l_0^2(t) + 2l_0(t)l_1 \cos \varphi_1}{2l_3 \sqrt{l_1^2 + l_0^2(t) - 2l_0(t)l_1 \cos \varphi_1}}. \quad (26)$$

В этом уравнении положение коромысла зависит от двух переменных параметров: а) угла поворота кривошипа; б) от положения опоры коромысла, т.е. от

длины l_0 . Для получения зависимости угловой скорости коромысла от этих переменных параметров воспользуемся частными производными.

Скорость коромысла определяется

$$\dot{\varphi}_3 = \frac{df[\varphi_1(t), l_1, l_2, l_3, l_0(t)]}{dt} = \frac{\partial f}{\partial \varphi} + \frac{\partial f}{\partial x}, \quad (27)$$

или

$$\begin{aligned} \dot{\varphi}_3 = \dot{\varphi}_3 \Big|_{\frac{d\varphi}{dx} \cdot \frac{dx}{dt}} + \dot{\varphi}_3 \Big|_{\frac{d\varphi_3}{d\varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{dt}} = \frac{l_1 \sin \varphi_1 l'_0(t)}{l_4^2} - \frac{(l_0(t) - l_1 \cos \varphi_1)}{l_4^2} \cdot \frac{(l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) \cdot l'_0(t)}{\sqrt{4l_3^2 \cdot l_4^2 - [l_2^2 - l_3^2 - l_4^2]^2}} + \\ + \left[\frac{l_1(l_0(t) \cos \varphi_1 - l_1)}{l_4} - \frac{l_0(t) l_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) \sin \varphi_1}{l_4^2 \sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \right] \dot{\varphi}_1. \end{aligned} \quad (28)$$

Ускорение коромысла определяется

$$\ddot{\varphi}_3 = \frac{d^2 f[\varphi_1(t), l_1, l_2, l_3, (l_0 + \Delta l)]}{dt^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}, \quad (29)$$

или

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi}_3 = \ddot{\varphi}_3 \Big|_{\frac{d^2 \varphi}{dx^2} \cdot \frac{dx^2}{dt^2}} = \frac{2l_1 \sin \varphi_1 (l_1 \cos \varphi_1 - l_0(t))}{l_4^2} - \frac{l'_0(t) - l_1 \cos \varphi_1}{l_4} \cdot \frac{B}{\sqrt{A}} + \frac{2(l_0(t) - l_1 \cos \varphi_1)^3}{l_4^5} \cdot \frac{B}{\sqrt{A}} - \\ - \frac{(l_0(t) - l_1 \cos \varphi_1)^2}{l_4^2} \cdot \frac{2A + 2B(l_3^2 + l_2^2 - l_4^2)}{A\sqrt{A}} + \\ + \frac{l_1(l_0(t) \cos \varphi_1 - l_1)}{l_4} \cdot \ddot{\varphi}_1 - \frac{l_0(t) l_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) \sin \varphi_1}{l_4^2 \sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \times \left[\ddot{\varphi}_1 - \frac{2l_0(t) l_1 \sin \varphi_1}{l_4^2} \dot{\varphi}_1^2 \right] - \\ - \left[\frac{l_1 l_0(t) \sin \varphi_1}{l_4^2} + \frac{l_1 l_0(t) \cos \varphi_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2)}{l_4^2 \sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \dot{\varphi}_2^2 \right] - \\ \frac{4l_0(t) l_1 l_3^2 \cdot \sin \varphi_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) - 3(l_2^2 - l_3^2) + 2l_4^2 (l_2^2 + l_3^2)}{\sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \cdot \frac{l_0(t)^2 l_1^2 \sin^2 \varphi_1}{l_4^2} \dot{\varphi}_1^2. \end{aligned} \quad (30)$$

3 этап. Перемещение ползуна от пневмоцилиндра включения осуществляется только на небольшую величину Δl , т.е. $0 \leq x \leq \Delta l$ ($\Delta l = 5 \div 10$ мм). Ход пневмоцилиндра включения ограниченный, по этой причине ползун останавливается, межопорное расстояние кривошипа и ползуна снова остается постоянным, но другой величиной l_0 , т.е. в начале переходного режима она была равна $(l_0 + \Delta l)$, а в третьем этапе равна l_0 . Ползун остановлен, ведущим звеном остается кривошип, ведомым звеном – коромысло. Третий этап переходного режима может иметь два варианта.

Первый вариант. Конец перемещения ползуна пневмоцилиндром включения совпадает с положением коромысла, когда оно подходит к своему особому положению, (или качается в сторону особого положения) к вертикальному положению, где произойдет замыкание коромысла к ползуну. В этом случае скорость коромысла при подходе к особому положению имеет максимальное значение и определяется по формуле

$$\dot{\varphi}_3 = \frac{\partial \varphi_3}{\partial t} = \frac{\partial \varphi_3}{\partial x} + \frac{\partial \varphi_3}{\partial \varphi_1} \quad (31)$$

Второй вариант. Ползун предварительно перемещен вниз и остановлен. Под действием вращательного движения коромысло продолжает качаться до своего второго крайнего положения (коромысло качалось в сторону от захвата), и изменяя направление качания возвращается к своему особому положению.

В этом случае качание коромысла определяется по формуле (18) с новым значением $l_0 = const$:

$$\varphi_3 = \arctg \frac{l_1 \cdot \sin \varphi_1}{l_1 \cos \varphi_1 - l_0} - \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 - l_1^2 - l_0^2 + 2l_0 l_1 \cos \varphi_1}{2l_3 \sqrt{l_1^2 + l_0^2 - 2l_0 l_1 \cos \varphi_1}}. \quad (32)$$

Скорость коромысла:

$$\dot{\varphi}_3 = \left[\frac{l_1(l_0 \cos \varphi_1 - l_1)}{l_4} - \frac{l_0 l_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) \sin \varphi_1}{l_4^2 \sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \right] \dot{\varphi}_1. \quad (33)$$

Ускорение коромысла определяется:

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi}_3 = & \frac{l_1(l_0 \cos \varphi_1 - l_1)}{l_4} \cdot \ddot{\varphi}_1 - \frac{l_0 l_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) \sin \varphi_1}{l_4^2 \sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \times \left[\ddot{\varphi}_1 - \frac{2l_0 l_1 \sin \varphi_1}{l_4^2} \dot{\varphi}_1^2 \right] - \\ & - \left[\frac{l_1 l_0 \sin \varphi_1}{l_4^2} + \frac{l_1 l_0 \cos \varphi_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2)}{l_4^2 \sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \dot{\varphi}_1^2 \right] - \\ & \frac{4l_0 l_1 l_3^2 \cdot \sin \varphi_1 (l_3^2 - l_2^2 - l_4^2) - 3(l_2^2 - l_3^2) + 2l_4^2 (l_2^2 + l_3^2)}{\sqrt{4l_3^2 l_4^2 - (l_2^2 - l_3^2 - l_4^2)^2}} \cdot \frac{l_0^2 l_1^2 \sin^2 \varphi_1}{l_4^2} \dot{\varphi}_1^2. \end{aligned} \quad (34)$$

4 этап. К концу переходного режима коромысло качается до своего особого положения, в котором оно жестко замыкается к ползуну. МПС начинает переходить к кривошипно-ползунному режиму, вращательное движение кривошипа преобразуется в поступательное перемещение ползуна. Механизм переходит от двух степеней свободы к одной степени подвижности. Ведомым звеном становится ползун, который перемещается в зависимости от движения кривошипа.

Перемещение ползуна определяется по формуле (7):

$$\theta = \frac{h}{l_1} = \frac{1}{\lambda} \left[\sqrt{(1 + \lambda)^2 - k^2} - \lambda \cos \varphi_1 - \sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2} \right].$$

Скорость ползуна определяется по формуле (8)

$$V = \frac{v}{l_1 \dot{\varphi}_1} = \sin \varphi_1 + \frac{\cos \varphi_1 (\lambda \sin \varphi_1 - k)}{\sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2}}.$$

Ускорение ползуна определяется по формуле (4)

$$A = \frac{\ddot{a}}{l_1 \dot{\varphi}_1^2} = \cos \varphi_1 + \frac{\lambda \cos^2 \varphi_1}{\sqrt{[1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2]^3}} - \frac{\sin \varphi_1 (\lambda \sin \varphi_1 - k)}{\sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi_1 - k)^2}}.$$

Таким образом, нами представлено математическое описание движения звеньев при переходном режиме.

Таким образом, решена задача разработки методики расчета параметров переходных режимов работы МПС.

Шестая глава посвящена разработке конструкций прессов с МПС.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В работе на основе результатов теоретических и практических научных исследований, опытно-конструкторских, экспериментальных работ в лабораторных и производственных условиях по созданию прессов с МПС были получены следующие результаты:

1. На основе обзора и анализа различных конструкций существующих кузнечно-штамповочных машин был выявлен основной их недостаток – управление работой осуществляется с помощью муфт-тормозов, которые являются самым сложным устройством пресса, а их частые поломки ограничивают фактическую производительность оборудования.

2. Установлено, что наиболее перспективными при проектировании прессов являются схемы МПС - они компактны, надежны и высокопроизводительны, а управляющие устройства работают только в момент переключения, в рабочем режиме отключаются и не участвуют в технологическом процессе штамповки изделия.

3. Разработана новая концепция структурного синтеза плоских рычажных механизмов, по которой можно создавать механизмы с n подвижными звеньями, тремя путями сборки звеньев: последовательное, параллельное и смешанное соединения.

4. Результатами теоретических исследований являются сформулированные три теоремы об особых положениях звеньев механизмов.

5. Разработаны теоретические основы структурного синтеза МПС с четырьмя подвижными звеньями по новой концепции, что дает возможность получения 32 комбинаций кинематических пар, из которых возможно создание 20 различных механизмов (12 пар механизмов дублируют друг друга при смене ведущего звена ведомым).

6. Сформулировано предположение о том, что, взаимно замыкая относительно подвижные звенья из механизмов с четырьмя подвижными звеньями можно создавать различные МПС, а также теоретически возможные переходы создания МПС из 20 типов механизмов с четырьмя подвижными звеньями к трехподвижным звеньям, в зависимости от их взаимного замыкания звеньев.

7. Предложена методика разработки МПС и разработано 14 схем МПС, защищенные А.С. СССР.

8. Для обеспечения работоспособности МПС, как исполнительного механизма пресса, проанализирована особенность его работы и предложена инженерная методика расчета параметров звеньев МПС, обеспечивающая надежную работу пресса.

9. Разработана методика определения силы инерции для кривошипно-ползунных механизмов при увеличении их быстроходности. Определены величины возмущающих нагрузок, возникающих от инерционных сил, действующих на опору кривошипа - по направлению движения ползуна и на направляющие ползуна.

Предложено устройство уравнивания кривошипно-ползунного механизма, защищенное авторским свидетельством СССР № 1310647 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, М.С. Джуматаев).

10. Приведено математическое описание движения звеньев МПС при пере-

ходном режиме от холостого в рабочий.

11. В результате проведенных опытно-конструкторских работ разработана конструкция пресса ФПА-10АО с МПС усилием 100 кН и выпущен промышленной серией в количестве 55 штук на производственном объединении «Машиностроительный завод». Экономический эффект от выпуска серии прессов составлял 335000 рублей в год (по деньгам СССР). Выпущенная серия прессов внедрялась на предприятиях Министерства оборонной промышленности бывшего СССР.

Конструкция пресса ФПА-10АО завоевала бронзовую медаль ВДНХ СССР. Его конструкция выставлялась также на международных выставках: Познанской (1989 г) Польская народная республика, Багдадской (1989 г.) в Ираке, а также на отраслевых выставках Миноборонпрома бывшего СССР.

Конструкция пресса защищена тремя авторскими свидетельствами СССР: № 1472730 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, М.С. Джуматаев), № 1139051 (соавторы О.Д. Алимов, В.К. Манжосов, С. Абдраимов, М.И. Парышкара) и № 1389168 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, М.С. Джуматаев, Ю.В. Федоренко).

12. Разработана конструкция опытного образца пресса с МПС с круговыми звеньями усилием 100 кН на базе пресса ФПА-10АО. Изготовлен опытный образец на ПО «Машиностроительный завод». Испытания, изготовленного опытного образца, показали работоспособность конструкции. Конструкция пресса с МПС с круговыми звеньями защищена авторским свидетельством СССР № 1374653 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, В.Е.Свистунов, Т.О. Невенчанная).

13. Разработана конструкция пресса ФПА-1250 с МПС усилием 1250 кН, который был изготовлен и успешно прошел промышленные испытания (опытный образец изготовлен на ПО «Машиностроительный завод»). Механизм включения пресса позволяет осуществить работу системы в непрерывном автоматическом режиме с полосовыми и ленточными заготовками при непрерывной подаче.

Экономический эффект от одного пресса ФПА-1250 составил 30 800 руб. в год (по деньгам СССР).

Конструкция пресса ФПА-1250 защищена авторским свидетельством СССР №1472730. Дополнительно защищены авторскими свидетельствами вспомогательные устройства пресса: №1412113 - устройство для обработки полосового и ленточного материала (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, С.А. Гигин, А.Д. Ташматов), №1380031 - устройство для подачи материала в зону обработки (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, В.А. Сопотов, К.И. Гаврилов, К.Д. Турсунов), №1369879 - зажимное устройство с уравнительным механизмом, обеспечивающим равномерность сжатия подаваемого материала и исключаяющего их местную деформацию (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, И.А. Шергалиев), №1310647 - устройство для уравнивания сил инерции кривошипно-ползунных механизмов.

14. Разработана конструкция универсального пресса с МПС на базе серийно выпускаемого пресса К2130 с усилием 1000 кН (изготовлены опытные образцы в двух экземплярах на ПО «Карпатпрессмаш», город Ивано-Франковск). Прессы прошли предварительные испытания, которые показали их работоспособность и правильность теоретических расчетов. Конструкция универсального пресса защищена авторскими свидетельствами СССР: №1472730 и №1453790 (соавторы О.Д.

Алимов, С. Абдраимов, М.И. Парышкура, В.А. Сопотов, Р.В. Лазарев, В.А. Корякин, В.Н. Кашинский). Дополнительно для универсального прессы разработаны: устройство регулирования хода ползуна, устройство регулирования закрытой высоты, конструкция уравнивателя ползуна, конструкция управляющих кулачков командоаппарата, которые защищены авторскими свидетельствами СССР: № 1572827 (соавторы С. Абдраимов, Л.М. Иванова, В.Н. Кашинский), № 1323411 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, Р.В. Лазарев, В.А. Корякин, В.Н. Кашинский), № 1484760 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, В.А. Корякин, В.Н. Кашинский), № 1532302 (соавторы О.Д. Алимов, С. Абдраимов, Т.Т. Каримбаев, В.А. Корякин, В.Н. Кашинский).

15. Обобщены научные и методические основы создания и разработки МПС и внедрены в учебный процесс, подготовлены учебно-методические материалы для обучения студентов КНТУ им. И.Раззакова.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Универсальный пресс с МПС // Передовой опыт. -М., 1988.- №4. (соавторы: Абдраимов С., Корякин В.Н., Кашинский В.Н.).
2. Экспериментальные исследования прессы-автомата "Уста" // Матер. межреспубл. научн. конф. молодых ученых. - Фрунзе: Илим, 1985. (соавторы: Абдраимов С., Джуматаев М.С.).
3. Высокоскоростные прессы с механизмами переменной структуры // Передовой опыт, -М., 1988.- №10.-С. 95-100. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С.).
4. Прессы-автоматы с механизмами переменной структуры // Передовой опыт, -М., 1989. -№1.- С. 119-123. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С.).
5. Создание роботизированной линии штамповки на основе прессов с механизмами переменной структуры // Тез. докл. НТК штамповщиков западного Урала. -Пермь, 1987. -С. 123-135. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Парышкура М.И., Бондаренко М.П., Федоренко Ю.В., Похилько И.В.).
6. Обзор и анализ существующих схем и классификаций прессов-автоматов // Сб."Теория, расчет и конструирование высоко-производительных механических прессов-автоматов". -Фрунзе: Илим, 1984.- С.104-115. (соавторы: Алимов О.Д., Манжосов В.К., Абдраимов С., Парышкура М.И.).
7. Конструкция прессы-автомата "Уста" с шарнирно-рычажным устройством включения //Сб."Теория, расчет и конструирование высокопроизводительных механических прессов-автоматов". - Фрунзе: Илим, 1984.- С. 115-120. (соавторы: Алимов О.Д., Манжосов В.К., Абдраимов С., Каниметов К.А.).
8. Безмуфтовые прессы-автоматы для гибкого автоматизированного штамповочного производства // Тез. докл. III Всесоюзного совещания по робототехническим системам. – Воронеж: ВПИ, 1984.- ч.1,- С. 52-53. (соавторы: Алимов О.Д., Манжосов В.К., Абдраимов С., Парышкура М.И.).
9. Высокоскоростные прессы-автоматы с МПС // Тез. докл. ВС НТК "Состояние и перспективы создания высокопроизводительных кузнечно-прессового оборудования". Москва, ВДНХ СССР.- Воронеж, 1987.- С. 87-99. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С.).
10. Механический пресс с вращающимися круговыми звеньями // Матер. совещания по безмуфтовым прессам с МПС. - Фрунзе: Илим, 1989.- С. 56-58. (соавтор

Джанкорозов К.М.).

11. Описание конструкции прессы с кривошипно-ползунным механизмом переменной структуры с круговыми звеньями // Матер. совещания по безмуфтовым прессам. – Фрунзе: Илим, 1989. - С. 60-69. (соавтор Мамырбаев К.А.).

12. Переходные режимы работы механизмов переменной структуры // Матер. второй междун. конф. "Механизмы переменной структуры и вибрационные машины". – Бишкек: Илим, 1995.- С. 195-204.

13. Синтез кривошипно-ползунного механизма // Вестник КТУ им. И.Раззакова. «Научные статьи преподавателей и аспирантов машиностроительного факультета», - Бишкек, 1999. - № 2. - С. 3-11. (соавторы Каниметов С.О., Дуйшенова М.А.).

14. Методика определения сил, действующих на звенья кривошипно-ползунного механизма // Вестник КТУ им. И.Раззакова. «Научные статьи преподавателей и аспирантов машиностроительного факультета». - Бишкек, 1999. -№2. - С. 12-16. (соавторы Цой У.А., Омуралиева А.Р.).

15. Определение КПД кривошипно-ползунного механизма // по матер. научно-практич. конф. «Наука и наукоемкие горные технологии» 21-25 июня 2000 г. Наука и новые технологии.- Бишкек, 2000. -№5. -С. 70-72. (соавтор Цой У.А.).

16. Плоские механизмы с четырьмя подвижными звеньями // по матер. научно-практич. конференции «Наука и наукоемкие горные технологии» 21-25 июня 2000 г. Наука и новые технологии. –Бишкек, 2000. -№5. -С. 82-86. (соавтор Абдираимов А.А.).

17. Теорема об особых положениях звеньев кинематической цепи // Наука и новые технологии. – Бишкек, 1998. -№2. -С. 28-33. (соавтор Туров В.А.).

18. Создания плоских механизмов с четырьмя подвижными звеньями институт машиноведения // Сб. науч. тр. инст. машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики, Выпуск 2. – Бишкек: Илим, 2000. - С. 119-122. (соавтор Абдираимов А.А.).

19. Особенности переходных режимов работы механизмов переменной структуры (МПС) // Сб. науч. тр. инст. машиноведения НАН Кыргызской Республики. Вып. 1. – Бишкек: Илим, 1997.

20. Теория создания механизмов переменной структуры // Сб. науч. тр. инст. машиноведения НАН Кыргызской Республики. Вып. 1. – Бишкек: Илим, 1997. - С. 236-245.

21. Влияние сил инерции звеньев на быстроходность кривошипно-ползунных механизмов прессов // Сб. науч. тр. инст. машиноведения НАН Кыргызской Республики. Вып. 1. – Бишкек: Илим, 1997. - С. 261-269.

22. А.с. 1139051 СССР. МКИ В 30 В Механический пресс // СССР. ДСП. 1984. (соавторы: Алимов О.Д., Манжосов В.К., Абдраимов С., Парышкура М.И.).

23. А.с. №1310647 СССР. МКИ В 30 В Устройство для уравнивания сил и инерции кривошипно-ползунных механизмов // СССР. БИ №18, 1987. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Джуматаев М.С.).

24. А.с. 1323411 СССР. МКИ В 30 В Устройство для регулирования величины хода ползуна кривошипного прессы // СССР. БИ №26. 1988. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Лазарев Р.В., Корякин В.А., Кашинский В.Н.).

25. А.с. 1374653 СССР. МКИ В 30 В Безмуфтовый механический пресс // от 20.03.86. СССР. ДСП. 1987. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Свистунов

В.Е., Невенчанная Т.О.)

26. А.с. 1389168 СССР. МКИ В 30 В Механический пресс // от 24.10.85. СССР. ДСП. 1987. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Джуматаев М.С., Федоренко Ю.В.).

27. А.с. 1400892 СССР. МКИ В 30 В Бесплатунный пресс // СССР. БИ №21. 1988. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С.).

28. А.с. 1412113 СССР. МКИ В 30 В Устройство для обработки полосового и ленточного материала // от 30.06.86. СССР. ДСП.1988. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Гигин С.А., Ташматов А.Д.).

29. А.с. 1424274 СССР. МКИ В 30 В Безмуфтовый пресс // Алимов О.Д., Абдраимов С., от 13.06.86. СССР. ДСП. 1988.

30. А.с. 1453790 СССР. МКИ В 30 В Универсальный безмуфтовый пресс // Алимов О.Д., Абдраимов С., Парышкура М.И., Сопотов В.А., Лазарев Р.В., Корякин В.А., Кашинский В.Н. СССР. ДСП. 1988.

31. А.с. №1472730 СССР. МКИ В 30 В Рычажный механизм // Алимов О.Д., Абдраимов С., Джуматаев М.С. СССР. БИ 14. 1989.

32. А.с. №1484760 СССР. МКИ В 30 В Уравновешиватель ползуна безмуфтового пресса // СССР. БИ №21, 1989. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Корякин В. А., Кашинский В.Н.)

33. А.с. 1532302 СССР. МКИ В 30 В Устройство для регулирования величины хода ползуна пресса // (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Каримбаев Т.Т., Корякин В.А., Кашинский В.Н.) СССР. БИ №48(18). 1989.

34. А.с. 1566129 СССР. МКИ В 30 В Кулисный механизм // СССР. БИ №19. 1990. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Парышкура М.И.).

35. А.с. 1568413 СССР. МКИ В 30 В Безмуфтовый пресс с круговым шатуном // от 03.10.88. СССР. ДСП. (соавторы: Абдраимов С., Мамырбаев К.А.).

36. А.с. 1572827 СССР. МКИ В 30 В Устройство для регулирования величины хода ползуна с коррекцией положения кулачков командоаппарата // от 04.04.88. СССР. БИ №23, 1990. (соавторы: Абдраимов С., Иванова Л.М., Кашинский В.Н.)

37. А.с. 1580732 СССР. МКИ В 30 В Механический пресс // от 14.10.85. СССР. ДСП. (соавторы: Абдраимов С., Винокуров В.С. Титов В.А.).

38. А.с. 1594331 СССР. МКИ В 30 В Кривошипно-ползунный механизм с регулируемой остановкой // СССР. БИ №35. 1990. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Мамырбаев К.А.)

39. А.с. 1610742 СССР. МКИ В 30 В Кривошипный пресс с механизмом переменной структуры // от 25.11.88. СССР. ДСП. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Похилько И.В., Парышкура М.И., Бондаренко М.П., Джанкорозов К.М.).

40. А.с. 1709685 СССР. МКИ В 30 В Пресс с механизмом переменной структуры // СССР. ДСП. 1991. (соавторы: Алимов О.Д., Абдраимов С., Турсунов К.Д.)

41. Создание механизмов из четырех, пяти и более подвижных звеньев // Сб. науч. тр. Инст. машиноведения НАН КР. Вып. 3.- Бишкек, Илим, 2002.

42. Методика создания простых плоских механизмов // История, культура и экономика юга КР. Матер. междун. науч. конф. Т.2.- Ош: Кыргызско-Узбекский университет, 2000.- С 6. (соавтор Абдираимов А.А.).

43. Новые концепции структурного синтеза плоских рычажных механизмов // Учебно-методическое пособие по курсу ТММ, - Бишкек: ИЦ КТУ, 2002. -102 с.

44. Влияние развития науки о механизмах переменной структуры на изучение курса ТММ в ВУЗах // Вестник КТУ.- Бишкек: ИЦ КТУ, 2002. - №5. -5 с.

45. Создание машин виброударного действия для обработки металлов // Тез. Всесоюзной конференции по вибрационной технике. - Кутаиси, 1981. (соавтор Абдраимов С.).

46. Высокоскоростные прессы-автоматы с механизмами переменной структуры // Тез. докл. НТК штамповщиков западного Урала. –Пермь, 1987. (соавторы Алимов О.Д., Абдраимов С.).

47. Механизмы переменной структуры с четырьмя подвижными звеньями // Сборник научных трудов Института машиноведения НАН КР. Вып. 3.- Бишкек: Илим, 2002.

48. Новая концепция структурного синтеза плоских рычажных механизмов // Монография. – Бишкек: ИЦ «Техник», 2005. –150 с.

РЕЗЮМЕ

Алмаматов Мыйманбай Закирович

«Научно-методические основы создания прессов с механизмами переменной структуры», работа представлена на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.18 «Теория механизмов и машин»

Ключевые слова: кузнечно-штамповочные машины, листовая штамповка, прессы, муфта-тормоз, плоские механизмы, кривошипно-ползунный механизм, механизмы переменной структуры (МПС), структурный синтез механизмов, звено, кинематическая пара, особые положения звеньев, степень подвижности механизмов, режимы движения, переходный режим.

Объект исследования – кузнечно-штамповочные машины, прессы с механизмами переменной структуры. Цель – разработка научно-методических основ создания прессов на базе новых разработок МПС.

Предложена новая концепция структурного синтеза плоских механизмов, сформулированы три теоремы об особых положениях звеньев механизмов. Разработана методика создания МПС с четырьмя подвижными звеньями и инженерная методика расчета параметров МПС.

Результаты работы реализованы при создании и разработке конструкций прессов-автоматов ФПА-10А, ФПА-1250 и универсального прессы к 2130 с усилием 1000 кН.

РЕЗЮМЕ

Алмаматов Мыйманбай Закирович

«Ёзгёрщлмё тцщлщштщ механизмдщ кысоор жасоонун илимий – усулдук негиздери», бул жумуш 05.02.18 «Машинелердин жана механизмдердин назариясы» илимий багыты боюнча техника илиминин доктору наамына кёрсөтщлгөн

Негизги сөздөр: Устакана-мөөрлөчү машине, барактуу мөөрлө, кысоорлор, кошкуч, токтотмо, тормоз, тегиз механизмдер, механизмдердин тизилтишчү чогулмасы, тизм кинематикалык кошулмалары, тутумдардын өзгөчө абалы, механизмдердин кыймыл даражасы, кыймыл режими, өзгөрүшү режими.

Изилдөөнүн объектиси – өзгөрүшү тизилтишчү механизмдүү устакана-мөөрлөчү машине-кысоор. Максат – өзгөрүшү тизилтишчү механизм (ЭТМ) аркылуу кысоордун илимий- усулдук негиздерин жасоо.

Тегиз механизмдердин жабы багыттагы тизилтишчү чогулмасы көрсөтүлгөн. Механизмдердин өзгөчө абалынын шч теоремасы иштеп чыгылган. ЭТМдин төрт кыймылдуу тизмдөрүн куру усулу жана ЭТМдин инженердик усулдук эсептеринин өлчөмдөрү иштеп чыгылган.

Жумуш ФПА-10А, ФПА-1250 жана 1000 кН кичи бар универсалдуу кысоор К2130 пресс-автоматтарынын конструкциясын жасоодо колдонулган.

THE SUMMARY

Almamatov Myimynbai Zakirovich

“Guidance Foundations of Creation of Presses with Mechanisms of Variable Structure”, the work is recommended for competition of academic degree of Doctor of Engineering Sciences by specialty 05.02.18 “The Theory of Mechanisms and Engines”

Dominant words: blacksmith-forming engines, sheet punching, presses, muff-brake, flat mechanisms, cam-and-slider mechanism, mechanisms of variable structure (MVS), structural synthesis of mechanisms, section, kinematic couple, special positions of sections, range of mechanisms mobility, regimes of motion, transitional regime.

The object of research - blacksmith-forming engines, presses with mechanisms of variable structure. Purpose - working of guidance foundations of creation of presses on the foundation of new elaborations MVS.

It is called attention to new conception of structural synthesis of flat mechanisms, formulated three theorems about special sections of mechanisms, processed the method of MVS with four variable sections and engineering method of calculation of MVS parameters.

Results of the Dissertation are realized at the creation and working of constructions of automatic presses FPA-10A, FPA-1250 and universal press 2130 with power 1000kH.

Тех. ред. *Султангазиева А.К.*

Подписано к печати 14.10.2005. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.

Бумага офс. Печать офс. Объём п.л. Тираж 150 экз. Заказ 528.

720044, Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. “Техник” КГТУ, т.: 42-14-55, 54-29-43

E-mail: ict@ktu.aknet.kg, beknur@mail.ru