

## РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОРШНЕВОГО МЕХАНИЗМА С ИЗМЕНЯЕМЫМ ХОДОМ ПОЛЗУНА

**Б.Н. Акрамов, И.А. Исматов**

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Механизмы с изменяющимся движением выходного звена (линейный ход ползуна) позволяют существенно упростить конструкцию ДВС машин различного назначения, устранив дроссельный механизм, регулировать поступление топлива в цилиндр и значительно сократить потери на трение. Значительные нагрузки и высокие скорости разрешают применение только рычажных механизмов. Учитывая требования к простоте конструкции, нужное движение можно получить только с помощью восьмизвездных рычажных механизмов. Приведены примеры перспективных схем соответствующих механизмов.

**Ключевые слова:** механизм с изменяющимся движением выходного звена, рычажные механизмы, структурный анализ, минимизация числа звеньев и числа кинематических пар, структурная группа Ассура, две поступательные пары 5-го класса, регулирующее действие.

### КОРКАРДИ НАҚШАҲОИ МЕХАНИЗМҲОИ ПОРШНЕВӢ БО ТАЪЃИРЁБИИ ГАШТИ ПОЛЗУН

**Б.Н. Акрамов, И.А. Исматов**

Механизмҳо бо ҳаракати таъѓирёбанди звеной баромад (гашти ҳаттии ползун) имконияти содда намудани соҳти муҳаррикҳои дарунсузи мөшинҳои таъиноти гуногун дошта аз ҳисоби бартараф намудани механизми дроселӣ, танзим намудани воридшавии сузишвори дар дохили силиндр ва камшавии назарраси талафёби ба қувваи соиш имконият медиҳанд. Қувваҳо ва суръатҳои баланди назарасро танҳо аз истифодаи механизмҳои фашангдор иҷозат медиҳанд. Талаботҳо оиди содда будани соҳти ҳаракати заруриро ба инобат гирифта танҳо бо ёрии механизмҳои ҳашт звенодори фашангдор ба даст овардан мумкин аст. Мисолҳои нақшашои перспективни механизмҳои мавҷудбуда оварда шудаанд.

**Вожаҳои калиди:** механизм бо таъѓирёбодани ҳаракати звеной баромад, механизми фашангдор, таҳтии соҳтори, адади звеноҳо ва ҷуфтҳои кинематики то ҳадди минемалӣ, гуруҳи соҳтории Ассур, ду ҷуфтни пешраванди панҷум синфи, таъсироти танзимшаванд.

### DEVELOPMENT OF A PISTON MECHANISM SCHEME WITH VARIABLE STROKE OF THE RAM

**B.N. Akramov, I.A. Ismatov**

Mechanisms with variable output link motion (linear stroke of the slider) allow to simplify the design of internal combustion engines of various purposes by eliminating the throttle mechanism, regulating the fuel supply to the cylinder and significantly reducing friction losses. Significant loads and high speeds allow the use of only lever mechanisms. Taking into account the requirements for simplicity of the design, the desired motion can only be obtained using eight-link lever mechanisms. Examples of promising schemes of the corresponding mechanisms are given.

**Keywords:** mechanism with variable output link motion, lever mechanisms, structural analysis, minimization of the number of links and the number of kinematic pairs, Assur structural group, two translational pairs of the 5th class, regulating action.

Механизмы с изменяющимся движением выходного звена (угол колебания коромысла, линейный ход ползуна) имеют теоретический и практический интерес, т.к. относятся к группе нечасто рассматриваемых механизмов с адаптивным движением. В статье рассматривается вопрос разработки схемы поршневого механизма с изменяющимся движением выходного звена на основе структурного анализа.

Механизмы с переменным движением выходного звена позволяют регулировать движение этого звена в соответствии с появившейся необходимостью. Это позволяет им работать в технических устройствах (машинах, механизмах, оборудовании и т.п.) с переменными нагрузками и варьируемыми рабочими скоростями. В качестве примера можно привести кривошипно – ползунный механизм ДВС транспортных и дорожно - строительных средств - автомобилей, тракторов, подъемных кранов, погрузчиков, бульдозеров и т.п. Здесь перед ДВС возникает проблема обеспечения соответствия мощности двигателя (рабочей силы строительного устройства) с внешней нагрузкой (условиями окружающей среды, среди которой происходит движение транспортного средства или работа дорожно – строительной машины).

В существующих конструкциях соответствующих ДВС в основном применяется механизм с нерегулируемым движением поршня силового цилиндра. Согласование (соответствие) мощности двигателя с изменением внешней нагрузки осуществляется за счет специального устройства – устройства, которое регулирует поток топлива путем перекрытия впускного канала с помощью дроссельной заслонки. Использование механизма с регулируемым движением ползуна позволили бы устранить дроссельную заслонку из системы и тем самым увеличить КПД механизма ДВС (причем это было бы существенное упрощение конструкции технической системы и существенное улучшение работы механизма). При уменьшении хода ползуна двигатель будет всасывать меньшее количество топливной смеси, соответствующее работе при малых внешних нагрузках. При увеличении же внешней нагрузки последует переход к увеличенному ходу ползуна с соответствующим увеличением количества топлива, поступающего в цилиндр. Кроме того, положительным будет эффект от устранения гидравлических и механических потерь на

трение в механизме дроссельной заслонки, потеря на трение в кинематической паре поршень – цилиндр, потеря на трение от уменьшения хода поршня и т.д. [1-2].

В настоящее время наиболее часто применяется четырехзвенный кривошипно – ползунный механизм (КПМ) с фиксированным ходом ползуна (рис.1).

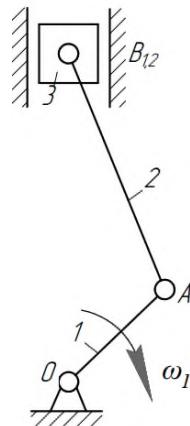


Рисунок 1 – Схема четырёхзвенного КП-4

Кроме этой схемы, есть еще несколько вариантов схем для четырехзвенных механизмов (рис.2), но ни один из них нам не подходит – или нет поступательного движения выходного звена или это движение фиксированное.

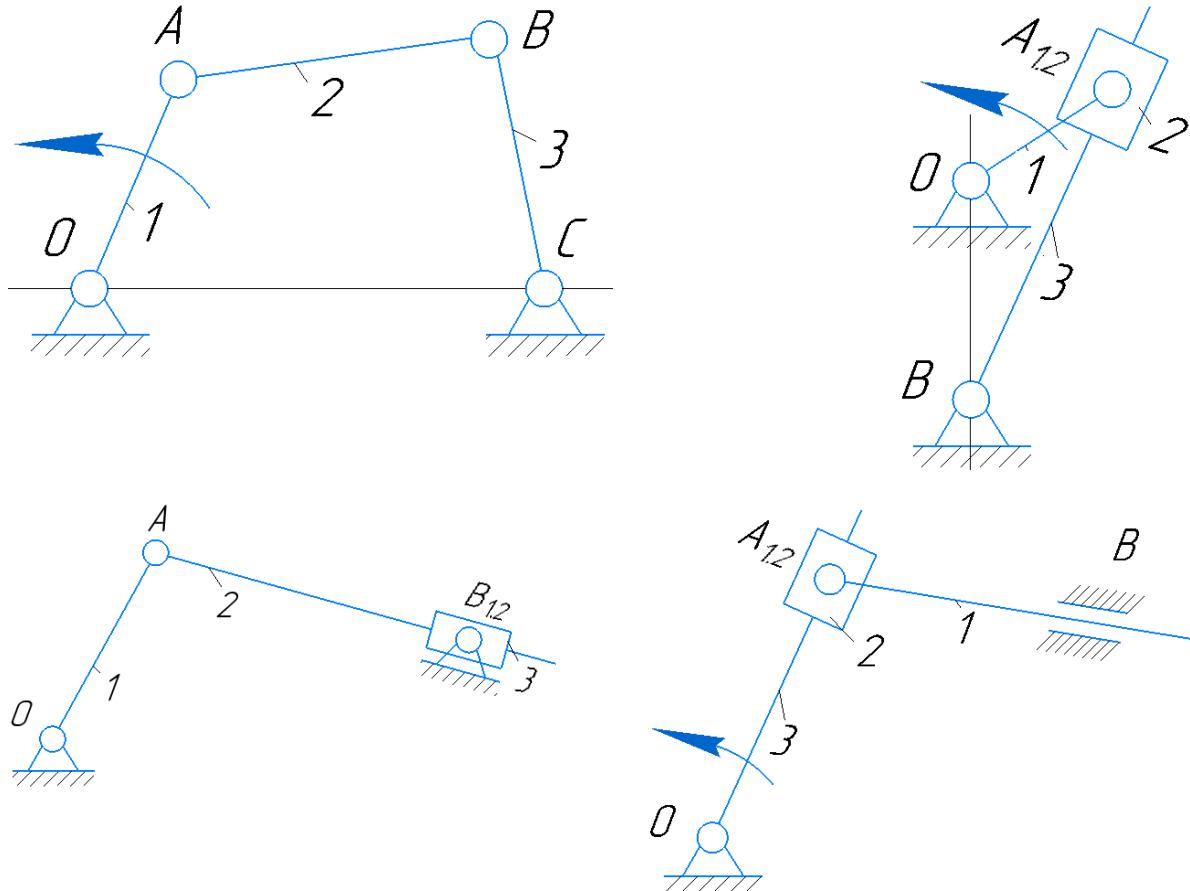


Рисунок 2 – Схемы четырёхзвенных рычажных механизмов

Итак, для получения механизма с регулируемым движением выходного ползуна четырехзвенные механизмы не подходят – необходимо большое число звеньев в механизме с соответствующим увеличением числа кинематических пар, их соединяющих (между собой и с неподвижным звеном – стойкой).

Большое число звеньев, с другой стороны, приведет к увеличению массы механизма и соответственно инерционной нагрузке на механизм, что нам совсем невыгодно – нам нужны легкие и экономичные машины и устройства. Поэтому введем ограничения на структуру искомого механизма – минимальное число звеньев и кинематических пар в механизме. Этому условию удовлетворяют шестизвездные и восьмизвездные рычажные механизмы.

Комбинированные механизмы (включающие звенья типа кулачок или типа зубчатое колесо) мы рассматривать не будем, т.к. механизмы транспортных и дорожно – строительных машин обычно работают с огромными нагрузками, и здесь применимы только низшие кинематические пары – вращательная и поступательная пары 5-го класса с элементами поверхности или плоскости. Другими словами, это можно сказать так – мы будем иметь дело только с рычажными механизмами.

Шестизвездный рычажный механизм можно создать на основе СГА (стандартная группа Ассура) второго класса или третьего класса третьего порядка (рис.3). В механизме должно быть минимальное число поступательных пар 5-го класса, т.к. потери на трение в такой паре намного превышают потери на трение во вращательной паре 5-го класса. Итак, примем, что число поступательных пар 5-го класса в механизме не должно превышать двух (одна – это существующая пара поршень – цилиндр и одна пара может иметь место в регулирующей части цепи механизма) [3-5].

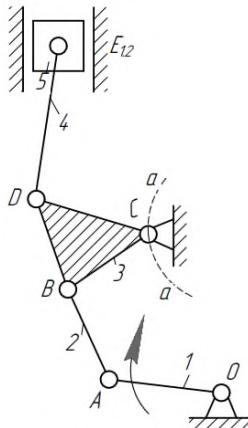


Рисунок 3 – Схема перспективного шестизвездного рычажного механизма

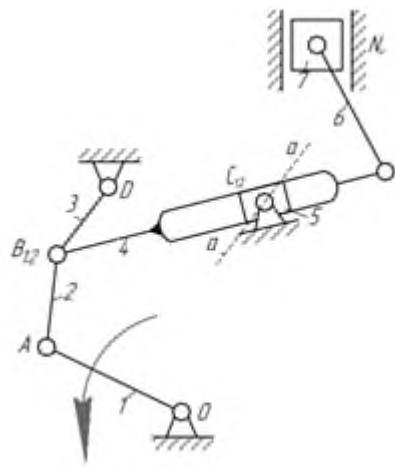
Входное звено – кривошип 1 имеет вращательное движение – оно движется с огромными скоростями и на него действуют очень большие нагрузки. Выходное звено ползун движется поступательно по нужному закону. Шатун, приводящий в движение поршень, имеет плоскопараллельное (сложное) движение. Ни одно из этих звеньев не годится на роль регулирующего фактора (звена или группы звеньев). Регулирующий фактор (кинематическая цепь из звеньев и кинематических пар) должен быть связан со стойкой (неподвижное звено) – удобно для регулирования за счет изменения конфигурации или положения стойки (относительно подвижного звена подобное регулирование чрезвычайно сложно). К сожалению, анализ структуры шестизвездных механизмов показывает, что ни одна такая схема (шестизвездная) не отвечает предъявляемым требованиям. Например, показанный на рис.3 шестизвездный механизм второго класса второго порядка имеет звено 3, связанное со стойкой вращательной парой С 5-го класса. Ни при каком перемещении пары С по плоскости движения невозможно получить регулируемый ход выходного ползуна 5 [6-8].

Структурный анализ восьмизвездных механизмов (из СГА второго класса второго порядка и третьего класса четвертого порядка) дает несколько пригодных, а точнее говоря перспективных схем, одна из которых показана на рис.4.

$$W = 3 * 7 - 2 * 10 - 1 * 0 = 1$$

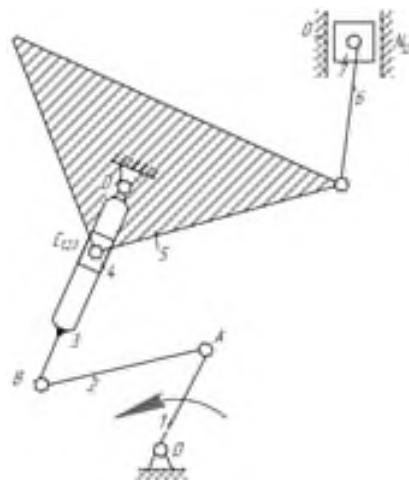
а) Механизм 3-го класса 3-го порядка

$$W = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 10 = 1$$



б) Механизм 2-го класса 2-го порядка

$$W = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 10 = 1$$



в) Механизм 3-го класса 4-го порядка

$$W = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 10 = 1$$

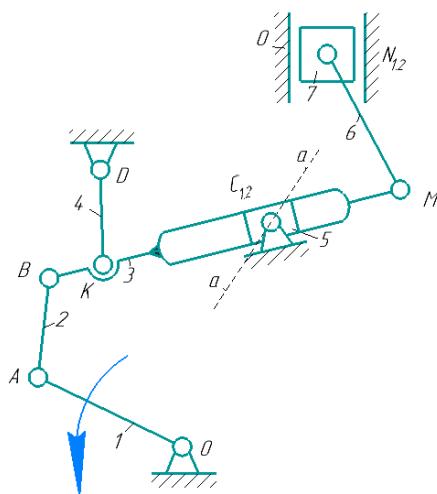


Рисунок 4 – Перспективные схемы восемизвенных рычажных механизмов

На рис.4 условно (штрих – пунктирной линией) показана траектория регулирующего воздействия. Реально эта траектория должна подбираться путем физического моделирования (на этапе проектирования достаточно картонной модели). Для более точного результата моделирование траектории регулирующего воздействия должно проводиться аналитически, с включением вида траектории в алгоритмы проектирования.

## Выводы

Для получения схем поршневых механизмов с регулируемым движением выходного ползуна для ДВС транспортных и дорожно – строительных машин проведен структурный анализ различных схем рычажных механизмов. В четырехзвенных и шестизвенных механизмах нет возможности получения искомого движения. Для восьмизвенных рычажных механизмов есть возможность получения регулируемого движения путем

регулирующего воздействия по определенной траектории на звено, связанное со стойкой. Предложен ряд перспективных схем подобных механизмов.

*Рецензент: Шайчев Н. – к.т.н., доцент кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов» ТГТУ имени академика М.С. Осими.*

### Литература

1. Баландин С. С. Бесшатунные поршневые двигатели внутреннего сгорания. Учебник для вузов / Баландин С. С. - М.: Машиностроение, 1968. - 152 с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. учебник для вузов / И.И. Артоболевский; под редакции В.А. Зиновьев, Н.В. Сперанский - Москва: Изд-во Наука, 1975 - 640с.
3. Тимофеев Г. А. Теория механизмов и машин: учебник и практикум для вузов / Г. А. Тимофеев - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2024. - 432с.
4. Фролов К.В. Теория механизмов и механики машин: учебник для вузов / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов; под редакцией К.В. Фролова: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. -664с. ISBN 5-7038-1766-8.
5. Коловский М. З. Теория механизмов и машин: учеб. пособие для вузов по машиностроит. спец. / М.З. Коловский [и др.]. – 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2008-460с.
6. Матвеев Ю.А. Матвеева Л.В. Теория машин и механизмов: учеб. пособие для вузов / Ю.А. Матвеев, Л.В. Матвеева - М.: Альфа - М, ИНФРА-М 2009 - 320 с. ISBN 978-5-98281-150-9
7. Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л. И. Вереина, М. М. Краснов. — 7-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2013. — 352 с. ISBN 978-5-4468-0036-0
8. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин. учебник для вузов / Кожевников С. Н. - М.: Машиностроение, 1973. - 592 с.

### МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Акрамов Бахром Ниязович н.и.т., доценты кафедра «Чузъҳои мошин ва мошинҳои соҳумонию роҳсозӣ»	Акрамов Бахром Ниязович к.т.н., доцент кафедры «Детали машин и строительно-дорожные машины»	Akramov Bakhrom Nijazovich Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Machine Parts and Road Construction Machines.
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими.	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Исматов Исмоилҷон Аҳмадовиҷ	Исматов Исмоилҷон Аҳмадовиҷ	Ismatov Ismoiljon Akhmadovich
н.и.т., ичро кунандай вазифаи доценты кафедра «Чузъҳои мошин ва мошинҳои соҳумонию роҳсозӣ»	к.т.н., исполняющий обязанности доцента кафедры «Детали машин и строительно-дорожные машины»	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Machine Parts and Road Construction Machines
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: <a href="mailto:ismatov.ismoiljon@mail.ru">ismatov.ismoiljon@mail.ru</a>		