

СИНТЕЗ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА

Кулачковый механизм – механизм, в состав которого входит **кулачок**, то есть звено высшей кинематической пары, элемент которого выполнен в виде поверхности переменной кривизны.

Обычно кулачок является ведущим звеном. Ведомое звено кулачкового механизма называется **толкателем**, если совершает возвратно-поступательное движение, или **коромыслом**, если совершает возвратно-вращательное движение.

Кулачковые механизмы широко распространены в технике, поскольку позволяют обеспечить практически любой закон движения ведомого звена, при малых габаритах и числе звеньев. Их недостатком являются большие потери на трение.

В конструкции автомобиля кулачковые механизмы применяются в приводах топливных насосов низкого и высокого давления, контакта прерывателя. Применяются кулачковые механизмы для получения сложной траектории движения резца в станках, что позволяет автоматизировать процесс обработки детали.

Классификация кулачковых механизмов

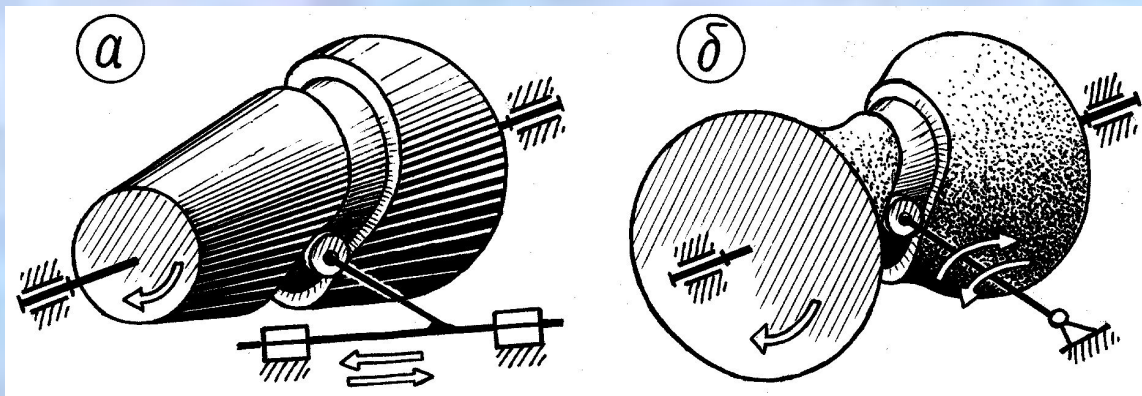
Кулачковые мех-мы бывают плоские и пространственные.

Пространственные:

а - поступательное

б - вращательное

движение ведомого звена.



Основные определения из теории кулачковых механизмов

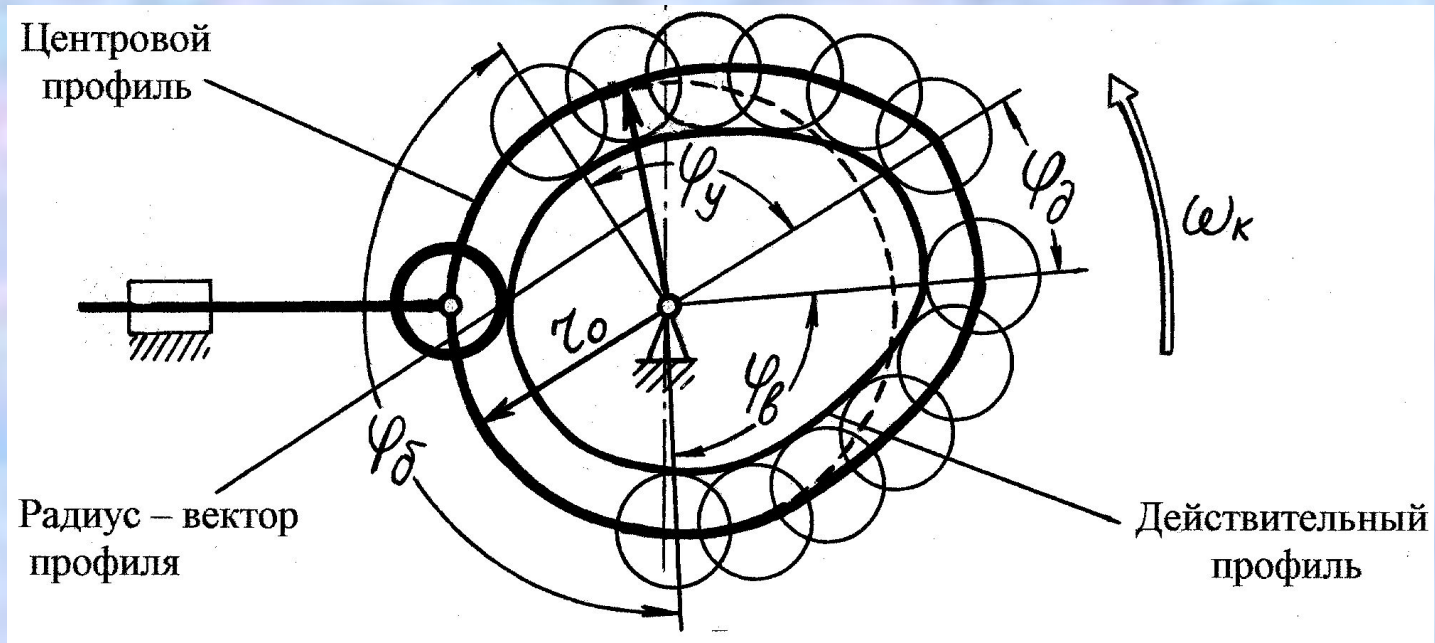
Профиль кулачкового механизма

Закон движения ведомого звена кулачкового механизма зависит от профиля его кулачка.

С целью уменьшения износа на ведомом звене часто устанавливается ролик, свободно вращающийся на оси. В таких случаях необходимо различать центровой и действительный профили кулачка (рис. 12.5). Ролик имеют кулачковые механизмы привода ТНВД дизелей, коромысла ГРМ дизелей ЯМЗ.

Центровой профиль представляет собой траекторию центра ролика, если его обкатить вокруг кулачка.

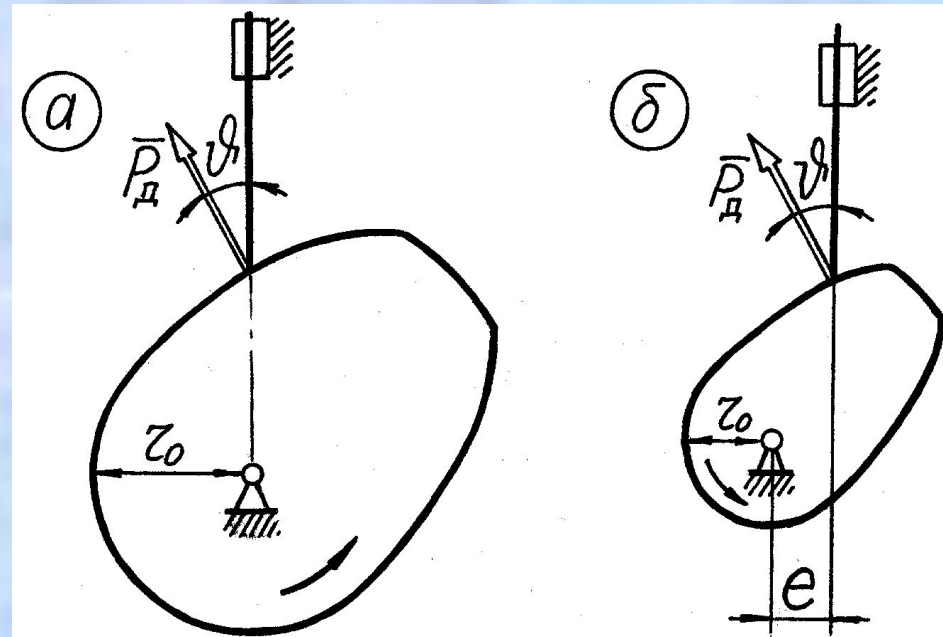
Действительный профиль это профиль кулачка, который изготавливается «в металле».



Кулачковый механизм называется **центральный**, если ось движения толкателя проходит через центр вращения кулачка ($e = 0$) (рис. а), иначе механизм будет **дезаксиальный** (со смещенным толкателем).

Наличие **эксцентриситета** e позволяет уменьшить габариты механизма. Кулачковый механизм способен передавать движение, если вектор силы давления со стороны кулачка на толкатель отклоняется от направления движения толкателя при его подъеме на угол не более $\vartheta \leq 30^\circ$. Как видно из рис. б у механизма со смещенным толкателем можно уменьшить габариты кулачка при соблюдении условия $\vartheta \leq 30^\circ$.

При работе кулачкового механизма кулачок не должен терять контакт с ведомым звеном. Под **замыканием высшей пары** в кулачковом механизме подразумевается постоянство соприкосновения кулачка с ведомым звеном.



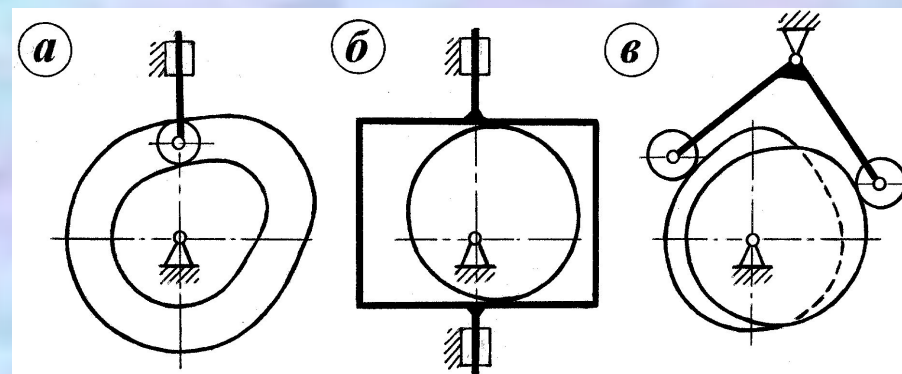
При работе кулачкового механизма можно различить следующие фазы движения ведомого звена:

- фаза удаления ведомого звена от центра вращения кулачка;
- фаза выстоя ведомого звена в дальнем положении от центра кулачка;
- фаза возвращения ведомого звена к центру вращения кулачка;
- фаза выстоя ведомого звена в ближнем положении от центра кулачка.

Углы поворота кулачка, ответственные за соответствующие фазы движения толкателя, носят название фазовых углов.

Полный (рабочий) угол φ_p кулачкового механизма можно представить в виде суммы фазовых углов: $\varphi_p = \varphi_y + \varphi_d + \varphi_e + \varphi_b = 360^\circ$,

φ_y ; φ_d ; φ_e ; φ_b – углы удаления; дальнего выстоя; возвращения и ближнего выстоя соответственно.



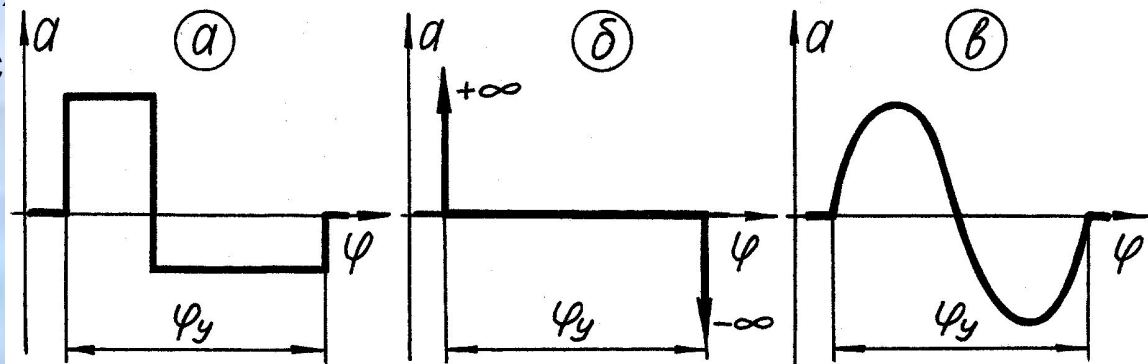
Законы движения кулачковых механизмов

Достоинством кулачкового механизма является простота обеспечения практически любого закона движения ведомого звена при малых габаритах и числе звеньев.

Наиболее наглядны законы движения, представленные в виде графиков $S(\varphi)$, $V(\varphi)$, $a(\varphi)$. С точки зрения долговечности механизма наибольшую информацию дают графики $a(\varphi)$, по которым можно выделить законы, обеспечивающие **мягкий удар, жесткий удар и безударную работу**.

Резкое изменение ускорений вызывает резкое изменение сил инерции ведомого звена, что приводит к его удару о кулачок. Ускорения и удары растут с увеличением скорости вращения кулачка. Поэтому законы движения, у которых имеются скачки на графиках ускорений, нельзя применять при проектировании быстроходных кулачковых механизмов. Если скачки ускорения происходят на ограниченную величину, то закон обеспечивает **мягкий удар** (рис. а). Закон равномерного движения, у которого ускорения изменяются в пределах , можно использовать только при синтезе малонагруженных тихоходных механизмов. Такой закон обеспечивает

жесткий удар (рис. б). Для обеспечения долговечности кулачковых механизмов следует выбирать такие законы, у которых $a_0 = a_n = 0$, а внутри интервала монотонно возрастает и убывает.



Динамический синтез кулачкового механизма

Пусть заданы максимально допустимый угол давления $\vartheta_{доп}$, фазовые углы $\varphi_y, \varphi_{\partial}, \varphi_{\epsilon}, \varphi_{\sigma}$, максимальный ход толкателя H , требуемый закон движения толкателя в виде зависимости аналога ускорения толкателя от угла поворота кулачка

кулачкового механизма:
$$\frac{d^2 S}{d\varphi^2} = f''(\varphi)$$

Синтез кулачкового механизма заключается в построении профиля кулачка минимального размера, обеспечивающего заданные характеристики. Задача решается в два этапа. Сначала определяется минимальный радиус кулачка r_0 , при котором еще не возможно заклинивание механизма в любом положении. Затем строится профиль кулачка.

Определение минимального радиуса кулачка

Сначала вычерчивается заданный график:
$$\frac{d^2 S}{d\varphi^2} = f''(\varphi)$$

Графическим интегрированием из заданного графика получают

график аналога скорости толкателя:
$$\frac{dS}{d\varphi} = f'(\varphi)$$

Интегрированием графика аналога скорости получают график перемещения толкателя $S = f(\varphi)$

Методом графического избавления от параметра φ строят зависимость:

Следует учитывать, что масштабы по оси S и по оси $\frac{dS}{d\varphi}$ должны быть одинаковыми.
$$S = f\left(\frac{dS}{d\varphi}\right)$$

$\mu_s = 0.002 \text{ н/мм}$

$\mu_\varphi = 0.144 \text{ рад/мм}$

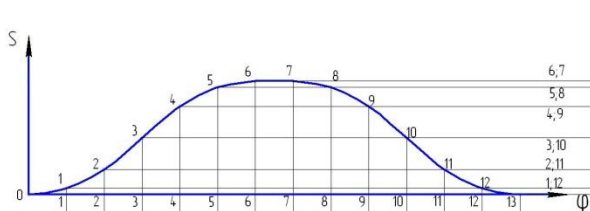


Диаграмма аналога скорости толкателя

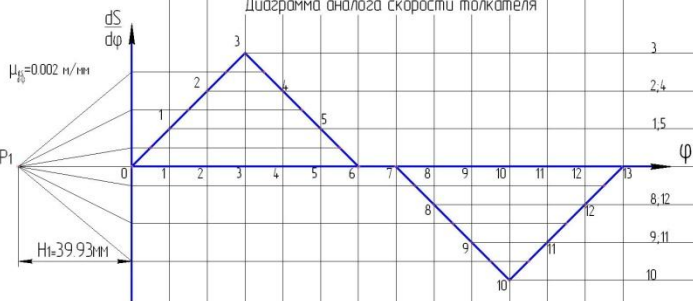
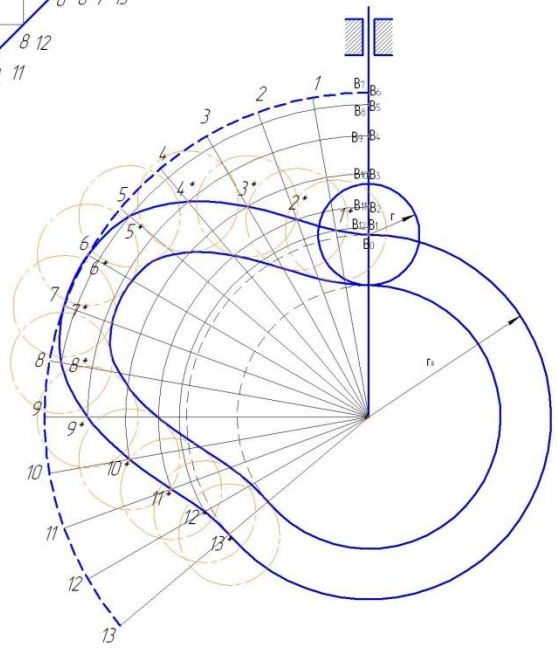
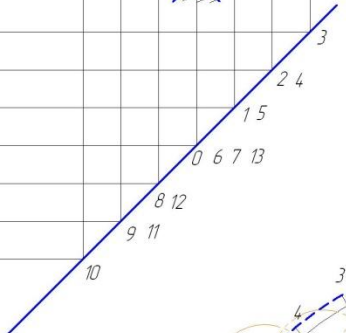
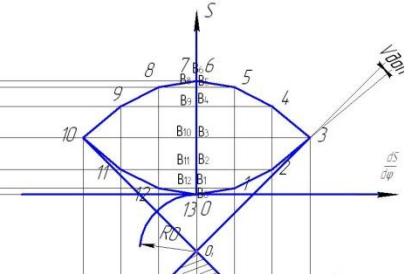
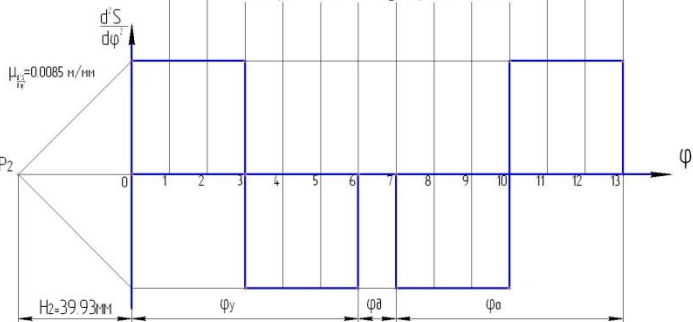


Диаграмма аналога ускорения толкателя



Радиус ρ_{min} находится графически. Визуально выбирается часть профиля наибольшей кривизны. На этом участке ставятся три точки k , k' и k'' которые соединяются хордами. К серединам хорд проводятся перпендикуляры, точка пересечения M которых укажет центр кривизны участка профиля. Расстояние kM можно приближенно принять за ρ_{min} . Выбранным радиусом ролика r вычерчивают окружности с центрами на центровом профиле кулачка. Проведя огибающую внутренних частей окружностей, получают действительный профиль кулачка.

