

ОПД.Ф.02.03 ТЕОРИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ
ДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ
Методические указания по выполнению курсовой работы (проекта)
для студентов дневного и заочного отделений

1. Кулачковые механизмы. Основные сведения.

Плоские кулачковые механизмы являются трехзвенными механизмами и состоят из стойки, кулачка (входное звено) и толкателя {выходное звено). Кулачок и толкатель образуют со стойкой низшие кинематические пары, а между собой высшую кинематическую пару.

Наиболее распространенными являются кулачковые механизмы, у которых кулачок совершает вращательное движение, а толкатель - либо возвратно-поступательное (рис. I, а, б), либо колебательное движение (рис. Iв). Если центр вращения кулачка лежит на продолжении прямолинейной траектории толкателя, то кулачковый механизм называется центральным (см. рис. I б), если же центр вращения кулачка не лежит на этой прямой, то кулачковый механизм называется внецентренным, а величина e называется эксцентриситетом (см. рис. Ia).

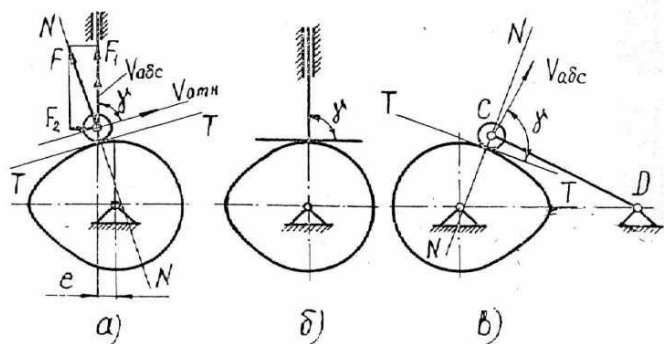


Рис. I

Полный цикл работы таких кулачковых механизмов осуществляется за один оборот кулачка.

Перемещение толкателя из нижнего крайнего положения в крайнее верхнее положение называется ходом толкателя H (мм), или β (град).

Угол, на который поворачивается кулачок при перемещении толкателя из крайнего нижнего положения в крайнее верхнее положение, называется углом удаления (φ_y).

Угол поворота кулачка, при котором толкатель остается в крайнем верхнем положении, называется углом дальнего выстоя (φ_o).

Угол, на который поворачивается кулачок при перемещении толкателя из крайнего верхнего положения в крайнее нижнее положение, называется углом возвращения (φ_e).

Угол поворота кулачка, при котором толкатель находится в крайнем нижнем положении, называется углом ближнего выстоя (φ_e). Сумма φ_y , φ_o и φ_e называется рабочим углом кулачка, $\varphi_p = \varphi_y + \varphi_o + \varphi_e$.

Острый угол между векторами абсолютной и относительной скорости (по отношению к кулачку) точки контакта толкателя с кулачком называется углом передачи движения γ (см. рис.1). Величина угла γ существенно влияет на условия работы кулачковых механизмов. Как видно из рис. 1. а, сила давления кулачка на толкатель F действует по нормали NN к профилю кулачка. Составляющая этой силы $F_1 = F \cdot \sin \gamma$ перемещает толкатель, преодолевая силы полезного и вредного сопротивления, а составляющая $F_2 = F \cdot \cos \gamma$ увеличивает трение в кинематической паре, образованной толкателем со стойкой. С уменьшением угла γ сила F_1 уменьшается, а сила F_2 увеличивается,

следовательно, при некотором предельном значении γ сила F_2 может стать больше F_1 ; такое явление называется заклиниванием. Поэтому при проектировании кулачковых механизмов необходимо стремиться к тому, чтобы в любом положении кулачка $\gamma > \gamma_{\min}$ - минимальное значение угла передачи движения, при котором еще не наблюдается заклинивание.

Проектирование профиля кулачковой шайбы, обеспечивающей требуемый закон движения толкателя, составляет задачу синтеза кулачковых механизмов.

Если для построения профиля кулачка имеются все необходимые исходные данные, в том числе и минимальный радиус кулачка, то такой синтез называется кинематическим.

При проектировании кулачковых механизмов помимо обеспечения требуемого закона движения толкателя приходится решать задачи, связанные с получением минимальных габаритов кулачковых механизмов при одновременном обеспечении нормальных динамических условий их работы (отсутствие заклинивания, допустимый износ и т.д.). Поэтому при проектировании часто задаются некоторыми дополнительными динамическими условиями, например минимальным углом передачи движения, а минимальный радиус кулачка определяют исходя из этих условий. Такое решение задачи синтеза называется динамическим синтезом кулачковых механизмов.

2. Исходные данные для проектирования.

Целью работы является построение профиля кулачка в соответствии с исходными данными.

Исходными данными при профилировании являются:

1. Схема кулачкового механизма, которая может быть представлена одной из схем, изображенных на рис.1.
2. Фазовые углы кулачка: φ_y - угол удаления;
 φ_o - угол дальнего выстоя/(стояния);
 φ_B - угол возвращения.
3. Ход толкателя: H (мм) для схем (рис. 1, а, б); $\beta_{\max}$ (град) для схемы (рис.1,в).
4. Минимальный угол передачи движения $\gamma_{\min}$
5. Число оборотов кулачка n , об/мин.
6. Направление вращения кулачка.
7. Эксцентриситет для схемы (см. рис. 1,а)

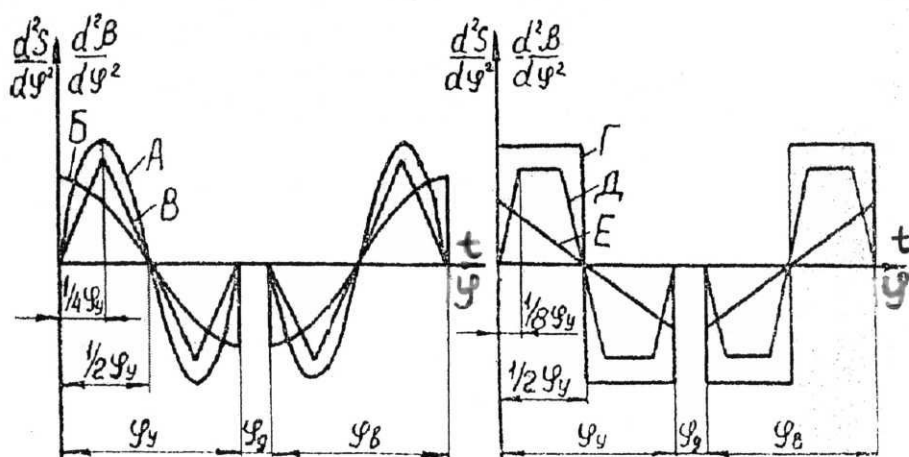


Рис.2.

8. Длина коромысла l для схемы (см. рис. 1 в)

9. Диаграмма движения толкателя $\frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ или $\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}(\varphi)$ (рис.2)

3. Содержание и порядок выполнения расчетов и построений

Построение диаграммы движения выходного звена кулачкового механизма (толкателя или коромысла)

Построение диаграмм проводится на основании заданной диаграммы аналога ускорения толкателя $\frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ для механизма с поступательно движущимся толкателем, либо в виде $\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}(\varphi)$ для механизма с качающимся толкателем (рис.2).

Для построения заданной диаграммы $\frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ или $\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}(\varphi)$ выбирается масштаб углов поворота кулачка, который для удобства графических построений рекомендуется принимать $\mu_\varphi = 0,5$ или $1[\text{град/мм}]$. В принятом масштабе по оси углов откладываются отрезки, соответствующие углам удаления, дальнего стояния и возвращения (рис. 3, а)

$$l_y = \frac{\varphi_y}{\mu_\varphi}, \quad l_o = \frac{\varphi_o}{\mu_\varphi}, \quad l_a = \frac{\varphi_a}{\mu_\varphi}.$$

Задаются максимальной ординатой диаграммы на угле удаления или угле возвращения, удобнее задаваться ординатой на том угле, который больше. Величину ординаты следует принимать в пределах $h = 40 \div 80 \text{ мм}$, причем больше значение h следует брать, если φ_y и φ_a равны или близки по величине, и меньшее, если они сильно разнятся. Величина ординаты на втором угле определяется на основании соотношения:

$$\frac{h_a}{h_y} = \frac{\varphi_y^2}{\varphi_a^2}$$

Разбивается угол удаления и угол возвращения на одинаковое, четное число интервалов интегрирования, обычно 8-12, и строится исходная диаграмма.

При построении необходимо учитывать следующее (см. рис. 2):

а) для законов A и B точки максимума и минимума ускорений должны соответствовать концам интервалов интегрирования, т.е. число интервалов по оси φ должно быть кратным четырем;

б) для закона D наклонные участки графика должно соответствовать целое число интервалов интегрирования;

в) для законов A и B построение графика аналога ускорения проводится методами, известными из курса технического черчения.

Построение диаграммы аналога скорости $\frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ или $\frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$ проводится графическим интегрированием диаграммы аналога ускорения.

Для этого:

а) строятся ординаты $ab, cd, \dots$, соответствующие серединам интервалов интегрирования $01, 12, \dots$, и откладываются на оси ординат отрезки $ob' = ab, od' = cd$ и т.д. (см. рис. 3а);

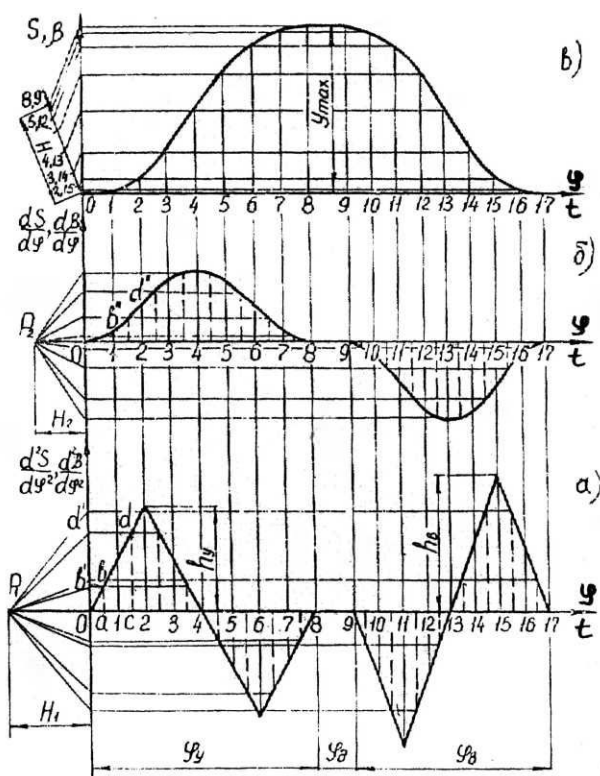


Рис.3

б) на продолжении оси φ выбирается полюс P_1 и соединяется с точками $b', d', \dots$, полюсное расстояние выбирается из условия, чтобы максимальная ордината графика $\frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ составляла не менее 60 мм (обычно $OP_1 = 40-60$ мм);

в) на рис. 3б из точки 0 проводится отрезок Ob'' в интервале 0-1 параллельно лучу P_1b' , отрезок $b''d''$ в интервале 1-2 параллельно лучу P_1d' и т.д.

Полученная ломаная (в пределе - кривая) является графиком аналога скорости.

Проводя аналогичное интегрирование графика $\frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ или $\frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$, получаем диаграмму перемещений толкателя $S(\varphi)$ или $\beta(\varphi)$ (см. рис.3в).

3.2 Вычисление масштабов диаграмм

Все три диаграммы построены в неопределенных масштабах. Их масштабы определяются по заданным значениям хода толкателя или угла поворота коромысла $\beta_{\max}$. Масштаб диаграммы определяется по выражениям:

$$\mu_s = \frac{H}{y_{\max}}, \quad \mu_\beta = \frac{\beta}{y_{\max}}, \quad \mu'_\beta = \frac{\beta \cdot \frac{\pi}{180}}{y_{\max}}$$

где $y_{\max}$ - максимальная ордината диаграммы перемещений толкателя или углов поворота коромысла (см. рис. 3в).

Масштабы диаграммы аналога скорости толкателя и угловой скорости коромысла:

$$\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \frac{\mu_s}{H_2 \mu_\varphi};$$

$$\mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} = \frac{\mu'_\beta}{H_2 \mu_\varphi};$$

где H_2 - полюсное расстояние на рис. 3б.

Масштабы диаграмм аналога ускорений:

$$\mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}} = \frac{\mu_s}{H_1 H_2 \mu_\varphi^2}$$

$$\mu_{\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}} = \frac{\mu'_\beta}{H_1 H_2 \mu_\varphi^2}.$$

Определяется угловая скорость кулачка $\omega_k = \frac{\pi \cdot n}{30} (c^{-1})$, а затем вычисляются масштабы времени μ_t , скорости толкателя $\mu_{v'}$, ускорения толкателя μ_a или масштабы угловой скорости μ_ω и углового ускорения μ_ε коромысла, а также масштабы перемещений $\mu_{s'}$, скорости $\mu_{v'}$ и ускорения $\mu_{a'}$ центра ролика коромысла по формулам:

$$\mu_t = \frac{\mu_\varphi}{\omega_k};$$

$$\mu_{v'} = \mu_{\frac{ds}{d\varphi}} \cdot \omega_k;$$

$$\mu_a = \mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}} \cdot \omega_k^2;$$

$$\mu_\omega = \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} \cdot \omega_k;$$

$$\mu_\varepsilon = \mu_{\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}} \cdot \omega_k^2;$$

$$\mu_{s'} = \mu_\beta \cdot l;$$

$$\mu_{v'} = \mu_\omega \cdot l;$$

$$\mu_{a'} = \mu_\varepsilon \cdot l,$$

где $l = l_{cd}$ - длина коромысла, м.

3.3.Определение минимального радиуса кулачка.

Минимальный радиус кулачка определяется графическим путем. Рассмотрим определение $R_{\min}$ для всех трех типов кулачковых механизмов.

3.3.1.Кулачковый механизм с плоским толкателем

для кулачкового механизма с плоским толкателем (см. рис. 1б) для определения $R_{\min}$ необходимо построить совмещенную диаграмму перемещений и аналога ускорений толкателя, т.е. диаграмму, у которой осью ординат является ось S , а осью абсцисс - ось $\frac{d^2S}{d\varphi^2}$. В основу определения $R_{\min}$ для кулачковых механизмов с плоским толкателем положен метод Я.Л.Геронимуса, основным условием которого является обеспечение выпуклости профиля кулачка, выражаемое неравенством

$$-\frac{\left(\frac{d^2S}{d\varphi^2}\right)_i}{R_{\min} + S_i} \leq \operatorname{tg} 45^\circ.$$

Совмещенная диаграмма строиться в масштабе $\mu_e = k \cdot \mu_s$ ($k=1,2,3,\dots$ и т.д.), одинаковом для обеих осей диаграммы. При этом, исходя из вышеприведенного неравенства, для определения $R_{\min}$ достаточно использовать лишь отрицательную область диаграммы $\frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$. Если масштаб $\mu_e = \mu_s$, то по оси S откладываем ординаты, взятые непосредственно из диаграммы перемещений $S(\varphi)$ (рис.3), а абсциссы диаграммы определяются по формуле:

$$z_i = \frac{y_i'' \mu \frac{d^2S}{d\varphi^2}}{\mu_e},$$

где y_i'' - текущее значение ординаты, взятое из отрицательной области диаграммы $\frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$.

Если масштаб $\mu_e = k \cdot \mu_s$, то по оси S совмещенной диаграммы необходимо откладывать ординаты из диаграммы перемещений $S(\varphi)$, уменьшенные в k раз.

Построение диаграммы можно осуществить чисто графическим путем, для этого надо вычислить угол θ по формуле:

$$\angle \theta = \operatorname{arctg} \frac{\mu_{ei}}{\mu \frac{d^2S}{d\varphi^2}},$$

и провести прямую под углом θ к оси φ диаграммы $\frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ в точке пересечения этой оси с продолжением оси S совмещенной диаграммы, а затем снести координаты, как показано на рис. 4.

К построенной совмещенной диаграмме проводится касательная под углом 45° . Расстояние OC есть минимальный радиус кулачка в масштабе μ_e .

Истинное значение минимального радиуса кулачка определяется как:

$$R_{\min} = (OC + \delta)\mu_l, \text{ где } \delta\mu_l \approx 10 \text{ мм.}$$

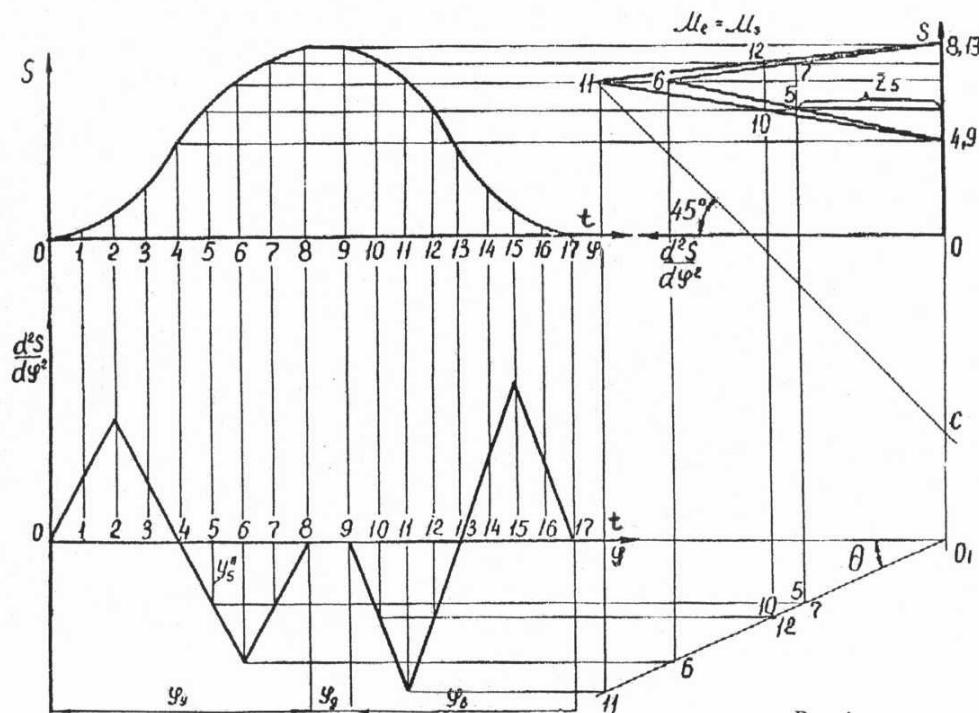


Рис. 4

3.3.2 Кулачковый механизм с роликовым толкателем

Для определения минимального радиуса кулачка, представленного на рис. 1 а, необходимо построить совмещенную диаграмму перемещений $S(\varphi)$ и аналога скорости $\frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$. Совмещенная диаграмма строится в масштабе $\mu_e = k \cdot \mu_s$ ($k=1,2,3,\dots$ и т.д.), одинаковом для обеих осей диаграммы. Если принимается масштаб $\mu_e = \mu_s$, то ординаты по оси S получаются путем прямого переноса их с диаграммы $S(\varphi)$ (рис. 5), а абсциссы диаграммы определяются по формуле:

$$z_i = \frac{y'_i \mu_{\frac{dS}{d\varphi}}}{\mu_e},$$

где y'_i - текущее значение ординаты, взятое из диаграммы $\frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$

Например:

$$z_i = \frac{y'_1 \mu \frac{dS}{d\varphi}}{\mu_e}, \quad z_i = \frac{y'_2 \mu \frac{dS}{d\varphi}}{\mu_e}.$$

При этом абсциссы z_i для угла удаления при вращении кулачка по часовой стрелке откладываются вправо от оси S , при вращении против часовой стрелки - влево.

Если масштаб $\mu_e = k \cdot \mu_s$, то по оси S совмещенной диаграммы необходимо откладывать ординаты из диаграммы перемещений $S(\varphi)$, уменьшенные в k раз.

Построение диаграммы можно осуществить графическим путем, для чего необходимо определить значение угла θ по формуле:

$$\angle \theta = \arctg \frac{\mu_e}{\mu \frac{dS}{d\varphi}},$$

и провести прямую под углом θ к оси φ диаграммы $\frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ в точке ее пересечения с продолжением оси S совмещенной диаграммы (точка O_1 на рис.5) и снести ординаты диаграммы $\frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ как показано на рис. 5.

К построенной совмещенной диаграмме проводятся две касательные под углом $\gamma_{\min}$, которые, пересекаясь, выделяют область, в которой может располагаться центр вращения кулачка (заштрихованная область). Если по заданию эксцентриситет равен $\varepsilon = 0$, то расстояние OC в масштабе μ_e является минимальным радиусом кулачка, то есть $R_{\min} = (OC + \delta) \cdot \mu_e$, где $\delta \approx 10 \text{ мм}$.

Если задан эксцентриситет e , то на расстоянии $\frac{e}{\mu_e}$ от прямой OO_1 , до пересечения в точке C_1 со стороной EN угла NEM . Отрезок OC_1 является минимальным радиусом кулачка при заданном эксцентриситете в масштабе μ_e . Истинная величина радиуса будет равна

$$R_{\min} = OC_1 \cdot \mu_e.$$

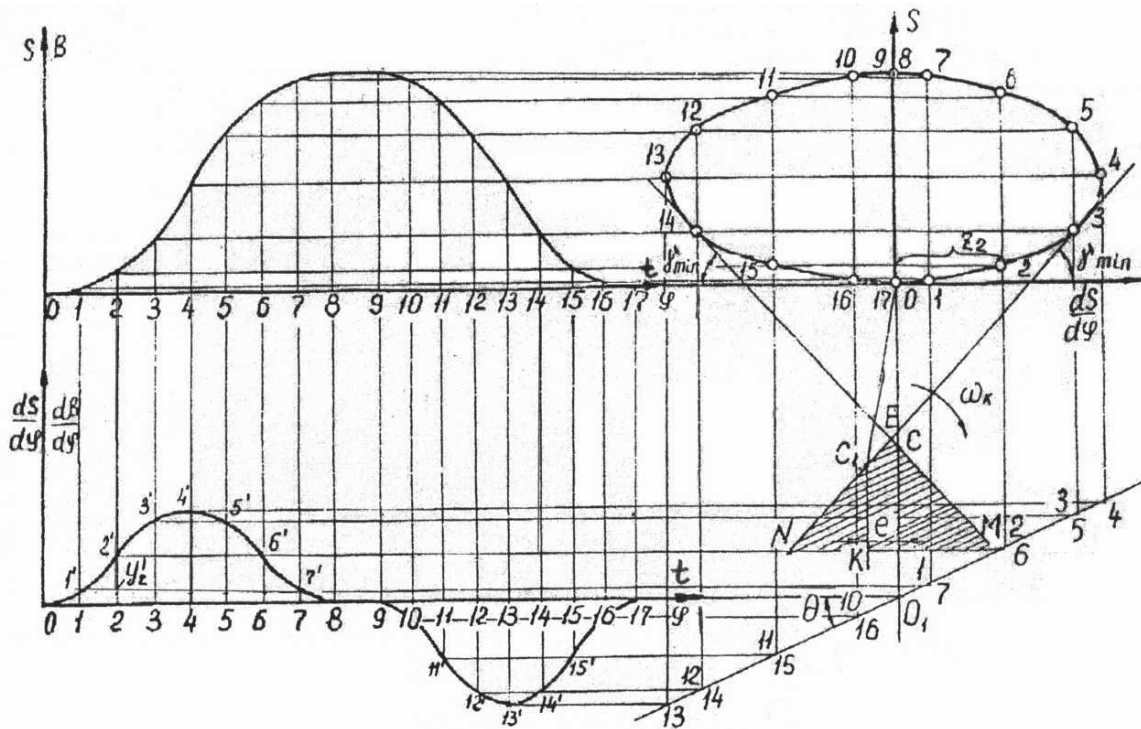


Рис.5

3.3.3. Кулачковый механизм с коромысловым толкателем

Для определения минимального радиуса кулачка, представленного на рис.1,в, необходимо построить совмещенную диаграмму углов поворота коромысла **CD** и аналога скорости центра ролика. Для этого из произвольной точки **D** проводятся дуга с радиусом, равным длине коромысла l_{CD} в масштабе μ_e (рис. 6а). Масштаб должен быть стандартным.

На дуге отмечается точка C_0 - начальное положение центра ролика коромысла, положение C_0D рекомендуется выбирать близким к горизонтали. От начального положения коромысла откладывается угол качания $\beta_{\max}$.

Путь центра ролика C_0C_8 размечается в соответствии с диаграммой перемещений $\beta = \beta(\varphi)$, представленной на рис. 5.

Для этого на прямой DC_0 или ее продолжении откладывается отрезок DN_0 произвольной длины (удобнее всего $DN_0=100$ мм), к которому в точке N_0 восстанавливается перпендикуляр до пересечения в точке N_8 с другим крайним положением коромысла DC_8 . От точки N_0 откладываем отрезки $N_0N_1, N_0N_2, \dots, N_0N_8$, соответствующие тангенсам углов качания коромысла, определяемых по диаграмме $\beta = \beta(\varphi)$ (см. рис. 5):

$$N_0N_i = DN_0 \cdot \operatorname{tg} \beta_i; \quad \beta_i = y_i \cdot \mu_\beta,$$

где y_i - ордината диаграммы $\beta = \beta(\varphi)$ i -го положения, мм;
 μ_β - угловой масштаб диаграммы $\beta(\varphi)$, град/мм.

Лучи $DN_0, DN_1, \dots, DN_{16}$ представляют собой как бы мгновенные положения коромысла при его перемещении в соответствии с заданным законом движения, а точки пересечения этих лучей с дугой C_0C_8 определяют положения центра ролика.

На лучах $DN_1, \dots, DN_{16}$ от точки их пересечения с дугой C_0C_8 откладываются отрезки z_i , изображающие соответствующие значения $\frac{dS}{d\varphi}$ в масштабе μ_e . Величины этих отрезков определяются по формуле:

$$z_i = y'_i \cdot \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} \cdot \frac{l}{\mu_e},$$

где y'_i - i -ая ордината диаграммы $\frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$, мм (см. рис. 5);

$\mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}}$ - масштаб этой диаграммы, рад/мм;

l - длина коромысла, м;

μ_e - масштаб совмещенной диаграммы, м/мм.

Для определения отрезков z_i можно воспользоваться графическим методом. Для этого на одной стороне произвольного угла откладывается отрезок $Pz_4 = z_{\max}^y$ при удалении коромысла (рис. 6,в)

$$z_{\max}^y = y_{\max}^{y'} \cdot \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} \cdot \frac{l}{\mu_e},$$

где $y_{\max}^{y'} = 4 - 4'$ - максимальная ордината диаграммы $\frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$ на угле удаления (см. рис. 5).

На второй стороне угла откладываются ординаты угла удаления диаграммы $\frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$:

$$Py_{1,7} = 1 - 1' \quad Py_{2,6} = 2 - 2' \quad Py_{3,5} = 3 - 3' \quad Py_4 = 4 - 4'$$

Концы отрезков Pz_4 и Py_4 соединяются прямой, а через точки $y_{1,7}, y_{2,5}, y_{3,5}$ проводятся прямые, параллельные прямой z_4y_4 . Отрезки $Pz_{1,7}, Pz_{2,6}, Pz_{3,5}$ являются искомыми отрезками z для угла удаления коромысла.

Аналогично определяются величины отрезков z на угле возвращения (рис. 6,б).

Направление вращения кулачка принимаем противоположным направлению вращения коромысла при его удалении. Поэтому отрезки z на промежуточных положениях коромысла откладываются вправо от дуги C_0C_8 при удалении коромысла и влево - при его возвращении.

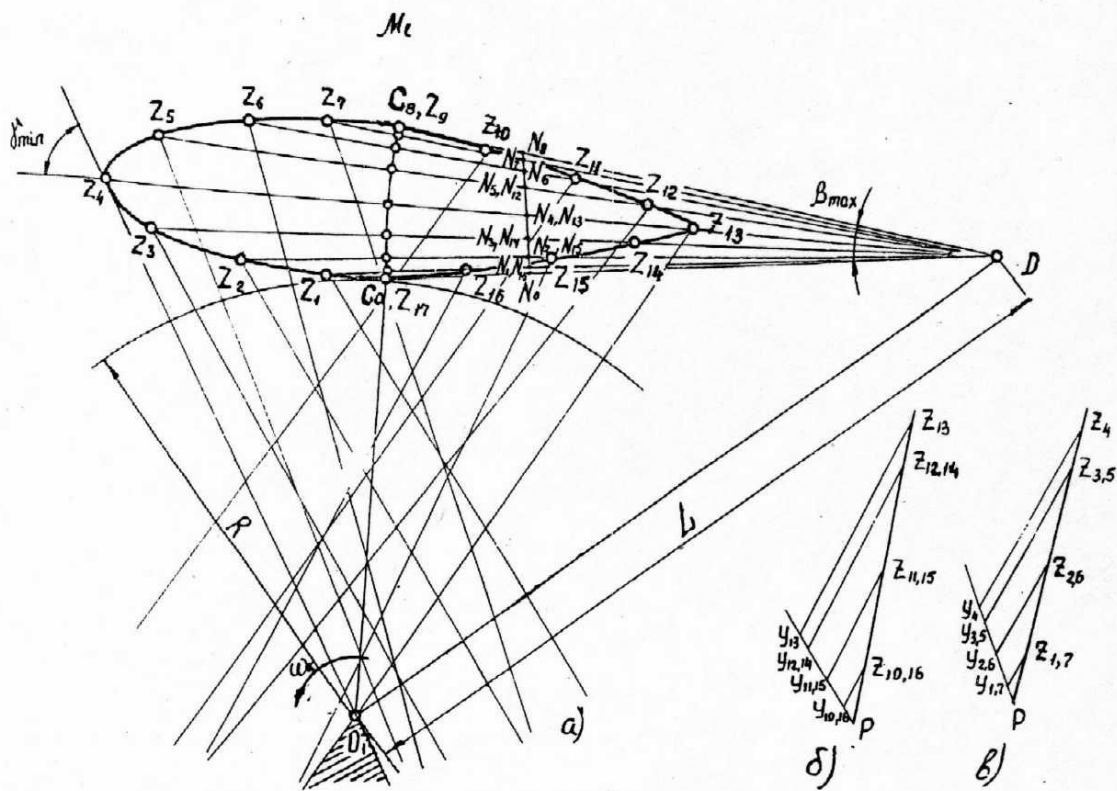


Рис. 6

Соединяя точки $z_0, z_1, z_2, \dots, z_{16}$ плавной кривой, получаем геометрическое место концов отрезков $z[z(S)]$.

Через крайние точки отрезков z проводятся прямые под углом $\gamma_{\min}$ к лучам.

Область, выделяемая крайними лучами, проведенными к графику $z(S)$ (заштрихованная область), является областью, в которой можно размещать центр вращения кулачка при сохранении условия $\gamma > \gamma_{\min}$.

Поместив центр вращения кулачка в точку O_1 , получим величину минимального радиуса кулачка $R_{\min} = O_1 C_0 \cdot \mu_e$.

Расстояние между центрами вращения кулачка и коромысла будет равно $L = O_1 D \cdot \mu_e$.

4. Профилирование кулачка

Построение профиля кулачка проводится графическим путем. При профилировании используется метод обращения движения: всем звеньям механизма сообщается новая угловая скорость - $\omega_{\text{кул}}$, в результате чего кулачок стоит на месте, а толкатель вращается вокруг него со скоростью $\omega_{\text{кул}}$. Построение проводится в стандартном масштабе μ_e , который выбирается в зависимости от максимального размера изображения на чертеже, равного для случая кулачкового механизма с коромысловым толкателем $2l_{OD}$, для остальных типов кулачковых механизмов $2R_{\min} + H$.

Ниже приведено профилирование кулачковых механизмов различных типов.

4.1. Кулачковый механизм с роликовым центральным поступательно перемещающимся толкателем.

1. Из выбранного центра вращения кулачка проводится окружность радиусом $R_{\min}$ и вертикальная осевая линия (рис. 7).

2. Откладывается ход толкателя H в масштабе μ_e по вертикальной оси вверх от точки пересечения оси с окружностью радиусом $R_{\min}$.

3. Определяется текущее перемещение толкателя в масштабе μ_e и откладывается на вертикальной оси (см. рис. 7). Для этого проводится вспомогательное построение. От точки O (см.рис. 3) проводится под острым углом к оси S наклонная линия, на ней откладывается ход толкателя H в масштабе μ_e . Все ординаты графика $S=S(\varphi)$ проектируются на ось S , максимальная ордината соединяется с концом хода H на наклонной линии, остальные ординаты проектируются на наклонную линию параллельно верхней соединительной линии. Полученные деления переносятся на вертикальную ось (см. рис.7).

4. Проводится дуга радиусом $(R_{\min} + H)$ в пределах угла φ_p в сторону, противоположную вращению кулачка, от оси откладываются углы профиля $\varphi_y, \varphi_o, \varphi_e$. Углы φ_y и φ_e делятся по дуге $(R_{\min} + H)$ на столько же делений, на сколько они были поделены на графиках, точки деления нумеруются по порядку и лучами соединяются с центром вращения кулачка.

5. Засечками по дугам окружностей проектируются все текущие точки перемещения толкателя на соответствующие им по номеру лучи.

6. Найденные на лучах точки соединяются плавной линией. На участке φ_o профиль выполняется по дуге $(R_{\min} + H)$, на участке φ_e - по дуге $R_{\min}$. Это теоретический профиль кулачка.

7. Определяется величина радиуса ролика из следующих соотношений:

$$r_0 \leq 0,4R_{\min};$$

$$r_0 \leq 0,7\rho_{\min}.$$

Минимальный радиус кривизны профиля определяется графически на участке профиля, соответствующем наибольшей кривизне (участок выбирается визуально). В выбранной точке проводится окружность радиусом $r=15-20$ мм, в точках пересечения этой окружности с профилем проводятся еще две окружности с тем же радиусом. Через точки пересечения этих двух окружностей с центральной окружностью проводятся две линии, пересекающиеся друг с другом в центре кривизны профиля, расстояние от центра центральной окружности до центра кривизны соответствует $\rho_{\min}$.

Окончательно радиус ролика r_0 устанавливается из конструктивных соображений, но не более указанных выше соотношений.

8. Для получения практического профиля кулачка необходимо построить огибающую дуг радиусом ролика r_0 , имеющих центры на теоретическом профиле кулачка. На участке φ_o профиль описывается дугой радиуса $(R_{\min} + H - r_0)$, на участке φ_e - дугой радиус $(R_{\min} - r_0)$.

9. В случае пазового кулачка профиль паза строится, как огибающая окружностей радиуса ролика r_0 , имеющих центры на теоретическом профиле. Радиус диска кулачка при этом выбирается так, чтобы расстояние до стенки паза было не менее 15-20 мм.

4.2. Кулачковый механизм с внецентренно расположенным поступательно перемещающимся роликовым толкателем.

1. Из выбранного центра кулачка проводятся окружности радиусами $R_{\min}$ и e_0 касательно к окружности радиусом e проводится вертикально линия перемещения толкателя (рис. 8).

2. От точки пересечения вертикальной оси с окружностью $R_{\min}$ откладываются ход толкателя H в масштабе чертежа μ_e и точки, соответствующие текущему перемещению толкателя, которые определяются согласно описанию, приведенному в 4.1.

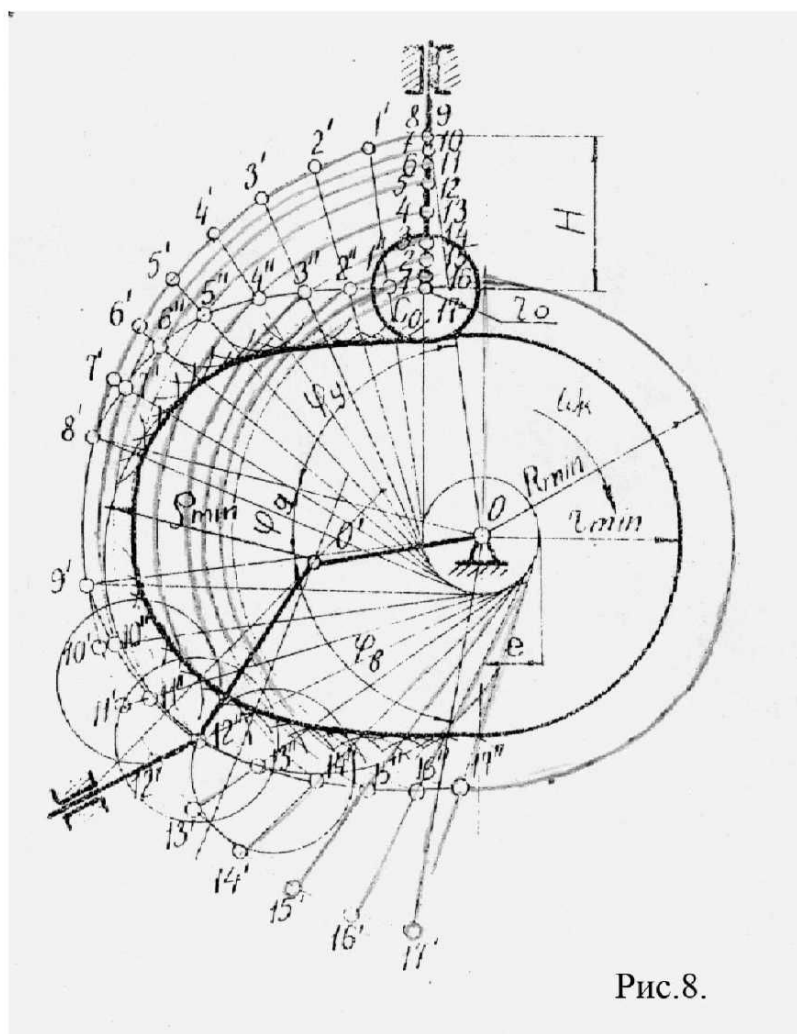


Рис.8.

3. Центр вращения кулачка соединяется с наиболее удаленной точкой, отложенной на ходе толкателя H . От этой линии в сторону, противоположную вращению кулачка, откладываются углы профиля ϕ_y, ϕ_o, ϕ_a , проводится на этом участке дуга окружности с максимальным радиусом. По дуге углы ϕ_y, ϕ_a делятся на то же число делений, на сколько углы делились на графиках. Точки деления

нумеруются по порядку, и из них проводятся касательные к окружности радиусом e .

4. Засечками по дугам окружностей проектируются все текущие точки перемещения толкателя на соответствующие им касательные.

5. Найденные на касательных точки соединяются плавной линией на участке φ_o - профиль прочерчивается по дуге с максимальным радиусом, на участке φ_e - по дуге $R_{\min}$. Это - теоретический профиль кулачка.

6. Дальнейшие построения соответствуют описаниям, приведенным в 4.1 (7,8,9).

4.3 Кулачковый механизм с плоским поступательно перемещающимся толкателем

Начало построения не отличается от описания, приведенного в пунктах 4.1.

Далее необходимо:

1. В найденных на лучах точках провести перпендикуляры к лучам, продолжив их до взаимного пересечения (рис.9).

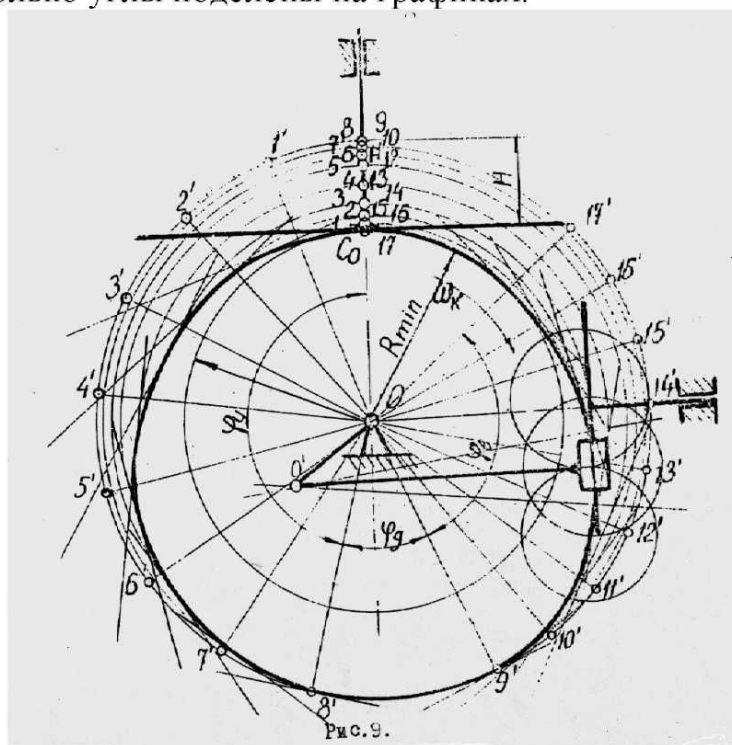
2. Профиль кулачка вписывается касательно к этим перпендикулярам. На участке φ_o профиль выполняется по дуге $R_{\min} + H$, на участке φ_e - по дуге $R_{\min}$.

4.4 Кулачковый механизм с коромысловым толкателем

1. Из выбранного центра проводятся окружности радиусами $R_{\min}$ и OD (рис.10).

2. Выбирается начальное положение OD_0 , от этой линии в сторону, противоположную вращению кулачка, откладываются углы профиля φ_y , φ_o , φ_e .

3. Дуги, соответствующие φ_y и φ_e , делим на то же число делений, на сколько углы поделены на графиках.

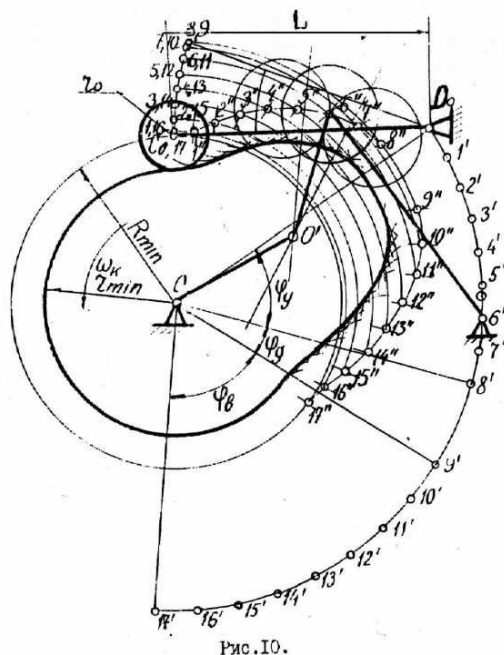


4. Из точки D_0 откладывается начальное положение коромысла, угол размаха коромысла $\beta_{\max}$ по дуге, соответствующей перемещению центра ролика коромысла, откладываются текущие положения центра ролика (их можно перенести с построений, проведенных при определении $R_{\min}$ на рис.6).

5. Точки, соответствующие текущему положению центра ролика коромысла, проектируются по дугам окружностей, из точек деления $D_1', D_2', \dots, D_{17}'$, делаются засечки размером, соответствующим длине коромысла, на соответствующую дугу, получаются точки теоретического профиля.

6. Найденные точки $1'', 2''$ и т.д. соединяются плавной линией, на участке φ_0 профиль выполняется по максимальному радиусу, на участке φ_6 - по минимальному радиусу. Это- теоретический профиль кулачка.

7. Практический профиль кулачка строится согласно описаниям, приведенным в пунктах 4.1 (8,9).



Список рекомендуемой литературы

1. И.И. Артоболевский Теория механизмов и машин. М., Наука, 1996.
2. Теория механизмов и машин. Под ред. К.В.Фролова. М., Высшая школа, 2001.
3. Синтез кулачковых механизмов. Методические указания. – Ростов-на-Дону: РИСХМ, 1985.