

ИЗМЕНЕНИЕ УСИЛИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ШАРНИР ЦЕПИ, ПРИ ЕГО ВХОДЕ В ЗАЦЕПЛЕНИЕ С ЗУБОМ ВЕДУЩЕЙ ЗВЕЗДОЧКИ

В статье рассмотрено изменение: усилия, во входящем в зацепление первом звене цепи, и давления на контактирующий с ним зуб ведущей звездочки; даны зависимости для определения этих параметров.

При проектировании цепной передачи важно знать [1, 2, 3, 4] силы, действующие в её ветвях и в цепном зацеплении. Эти силы зависят от характеристик цепной передачи, в том числе [5] от геометрических параметров зацепления. Нами сделана попытка показать характер изменения усилий действующих на шарнир ведущей ветви, при его входе в зацепление с зубом ведущей звездочки.

Будем считать, что вход, нулевого шарнира цепи с зубом ведущей звездочки, начинается, когда этот (0) и первый (1) шарниры, контактирующие с зубьями звездочки, располагаются на одной горизонтальной прямой с 01-м, 02-м и т.д. шарнирами цепи ведущей ветви передачи (рис. 1). Вход нулевого шарнира заканчивается, когда он займет положение первого.

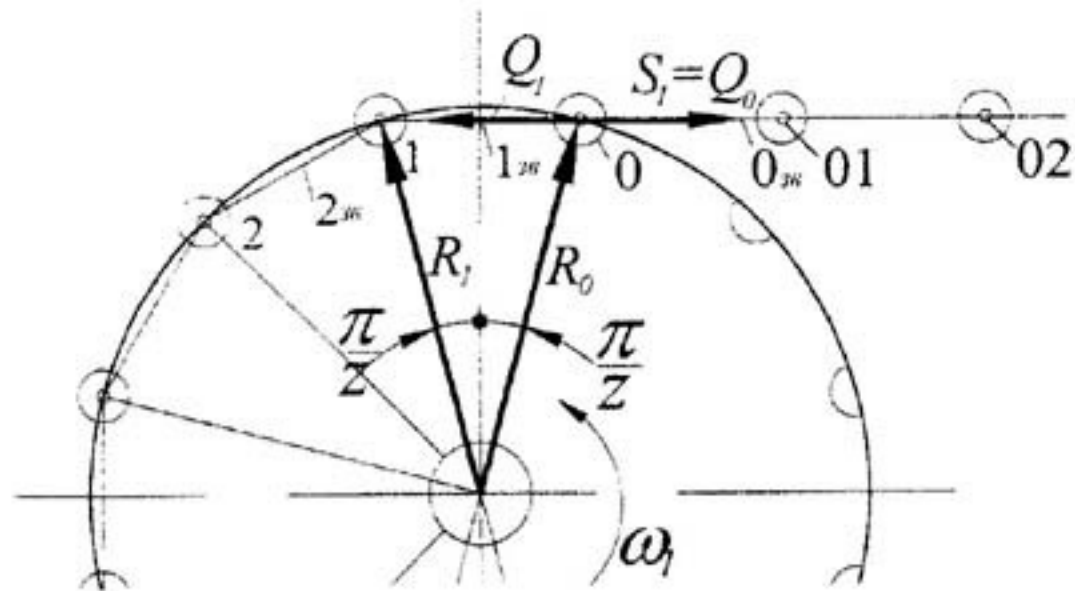


Рис. 1. Схема расположения шарниров и звеньев цепи в начале входа в зацепление нулевого шарнира с зубом ведущей звездочки

В начале входа в зацепление, радиусы R_0 и R_1 , соответственно нулевого и первого шарниров, отклонены от вертикали на угол $\frac{\pi}{z}$ каждый, а первое ($1_{ж}$) и нулевое ($0_{ж}$) звенья образуют одну прямую с ведущей ветвью. Таким образом, за время входа в зацепление, нулевой шарнир поворачивается вместе со звездочкой на угол $\varphi_0 = \frac{2\pi}{z}$.

Рассмотрим две фазы входа шарнира в зацепление. Будем считать, что ведущая ветвь, как показано на рис. 1, рис. 2, рис. 3, расположена горизонтально.

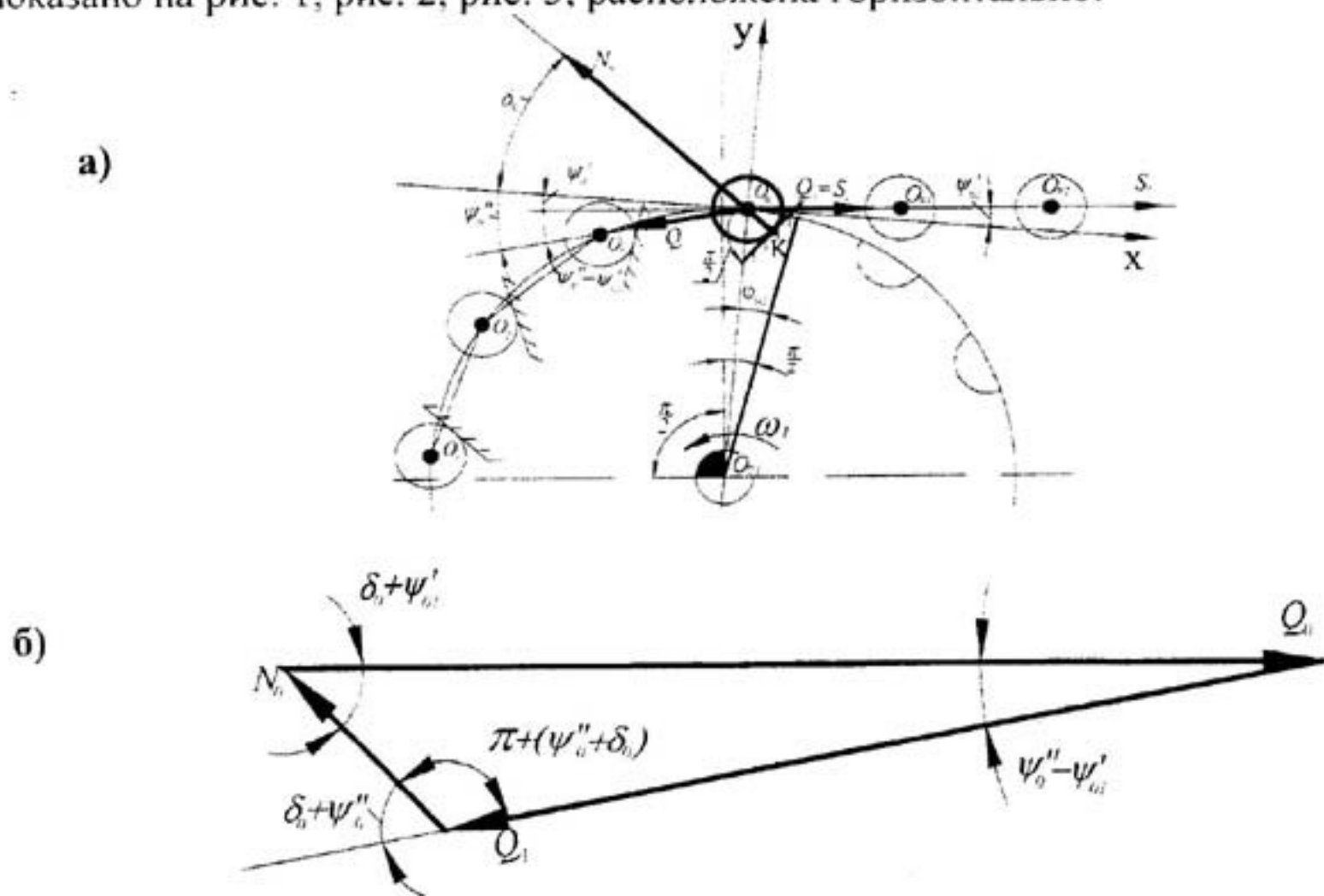


Рис. 2. Начальная стадия входа шарнира цепи в зацепление с зубом звездочки, когда

$$0 \leq \varphi_{01} \leq \frac{\pi}{z}$$

На первой фазе входа в зацепление нулевого шарнира (рис. 2а), угол $\varphi_0 = \varphi_{01}$, между радиусом R_0 (выделен жирно), обозначающим начало входа, и радиусом текущего его расположения, изменяется в пределах

$$0 \leq \varphi_{01} \leq \frac{\pi}{z}, \quad (1)$$

т.е., первая фаза начинается, когда $\varphi_{01} = 0$, и заканчивается, когда $\varphi_{01} = \frac{\pi}{z}$; иначе, радиус расположения совмещается с вертикалью. На второй фазе входа в зацепление этого шарнира (рис. 3а) угол $\varphi_0 = \varphi_{02}$. При повороте звездочки он увеличивается и изменяется в пределах

$$\frac{\pi}{z} \leq \varphi_{02} \leq \frac{2\pi}{z} \quad (2)$$

На нулевой шарнир (рис. 2а) действует три силы: давление N_0 со стороны зуба, натяжение Q_1 со стороны первого звена и натяжение Q_0 — нулевого звена. Будем считать, что, за время входа в зацепление нулевого шарнира, натяжение S_1 ведущей ветви не изменяется, тогда и натяжение нулевого звена,

$$Q_0 = S_1 = \text{const}, \quad (3)$$

за этот же период изменяться не будет.

Обозначим оси координат YO_0X так, чтобы ось Y проходила через центр звездочки O_{z1} и центр нулевого шарнира O_0 . Тогда положение силы Q_0 будет определяться углом ψ'_{01} , который, за время изменения угла φ'_{01} , выраженного зависимостью (1), на первой фазе входа, изменяется в пределах

$$\frac{\pi}{z} \geq \psi'_{01} \geq 0. \quad (4)$$

Углы, ψ''_0 — положения силы Q_1 , и δ_0 — положения силы N_0 , за время вхождения нулевого шарнира в зацепление, будем считать неизменными.

Рассмотрим равновесие сил, действующих на нулевой шарнир, для чего построим силовой многоугольник (рис. 2б). На основании теоремы синусов запишем равенство:

$$\frac{Q_0}{\sin(\pi - (\delta_0 + \psi''_0))} = \frac{Q_1}{\sin(\delta_0 + \psi'_{01})} = \frac{N_0}{\sin(\psi''_0 - \psi'_{01})}, \quad (5)$$

из которого имеем

$$\frac{Q_0}{Q_1} = \frac{\sin(\delta_0 + \psi''_0)}{\sin(\delta_0 + \psi'_{01})} = B_{01}, \quad (6)$$

или, с учетом формулы (3) получим

$$Q_1 = \frac{Q_0}{B_{01}} = \frac{S_1}{B_{01}} \quad (7)$$

— зависимость для определения изменения усилия в первом звене цепи за время входа нулевого шарнира в зацепление на первой фазе.

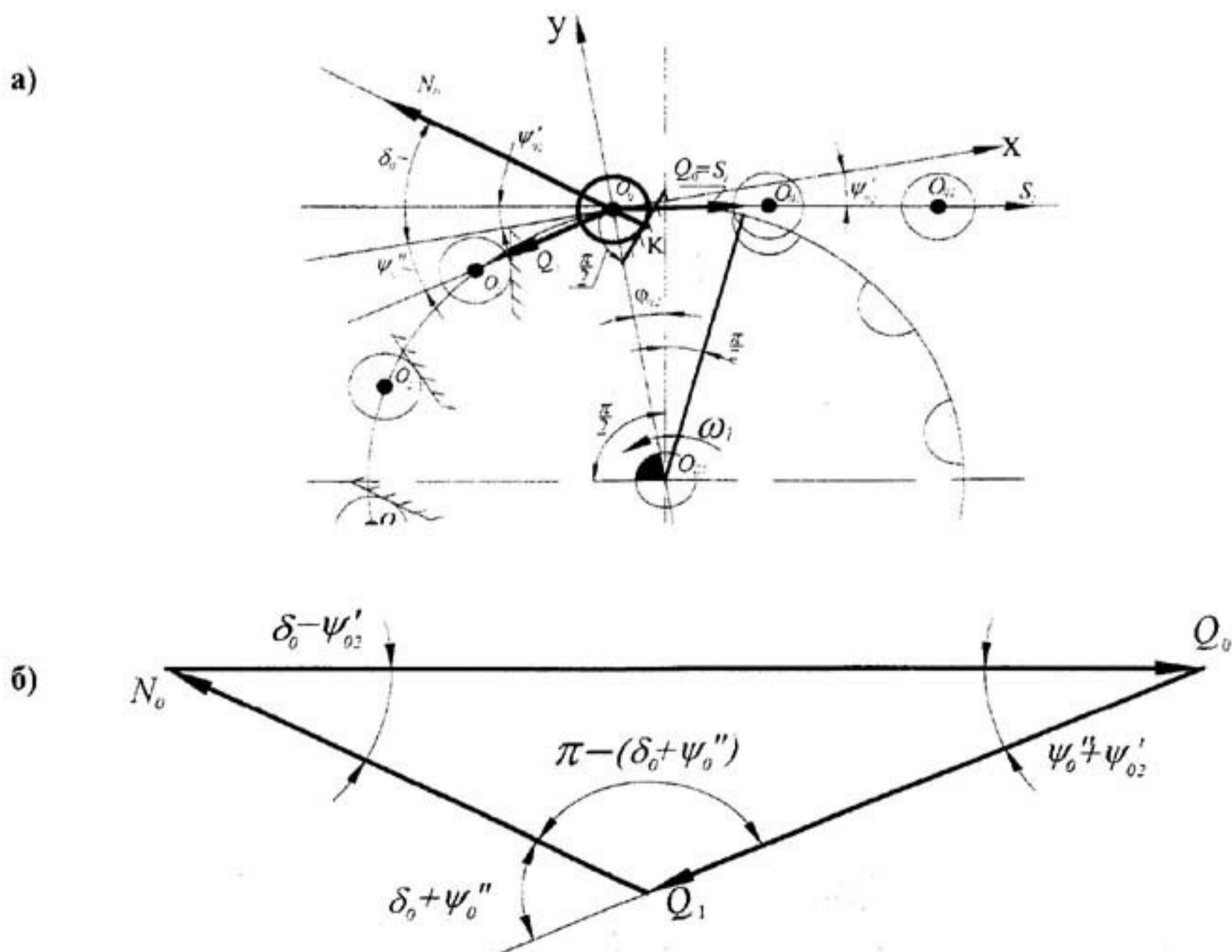


Рис. 3. Конечная стадия входа шарнира цепи в зацепление с зубом звездочки, когда, $\frac{\pi}{z} \leq \varphi_{02} \leq \frac{2\pi}{z}$.

На второй фазе входа в зацепление нулевого шарнира (рис. 3а), на него действуют те же силы N_0 , Q_1 и Q_0 . Положение силы Q_0 будет определяться углом ψ'_{02} , который, за время изменения угла φ_{02} , выраженного зависимостью (2), изменяется в пределах

$$0 \geq \psi'_{02} \geq \frac{\pi}{z}. \quad (8)$$

Рассмотрим равновесие сил, действующих на нулевой шарнир на второй фазе входа в зацепление, для чего построим силовой многоугольник (рис. 3б). Пользуясь теоремой синусов, запишем равенство

$$\frac{Q_0}{\sin(\pi - (\delta_0 + \psi''_0))} = \frac{Q_1}{\sin(\delta_0 - \psi'_{02})} = \frac{N_0}{\sin(\psi''_0 + \psi'_{02})}, \quad (9)$$

из которого имеем

$$\frac{Q_0}{Q_1} = \frac{\sin(\delta_0 + \psi''_0)}{\sin(\delta_0 - \psi'_{02})} = B_{02}, \quad (10)$$

или, с учетом формулы (3), получим

$$Q_1 = \frac{Q_0}{B_{02}} = \frac{S_1}{B_{02}} \quad (11)$$

– зависимость, для определения изменения усилия в первом звене цепи за время входа нулевого шарнира в зацепление на второй фазе.

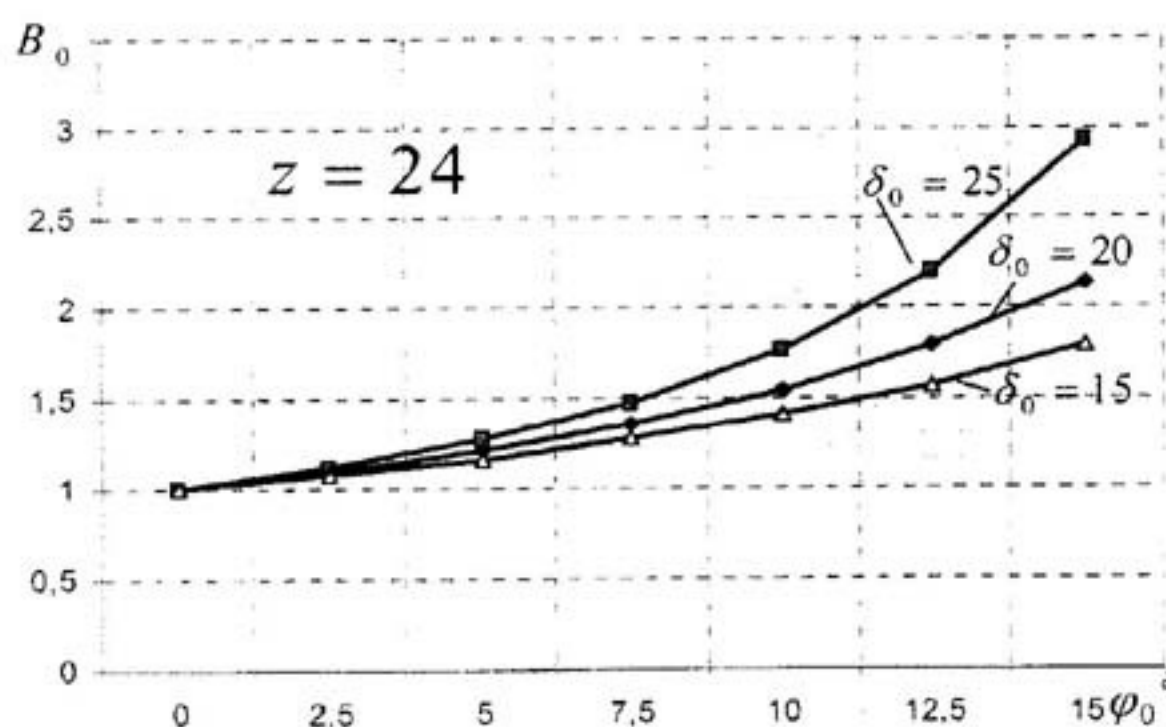


Рис. 4. Изменение коэффициента сцепления нулевого шарнира цепи при входе его в зацепление с ведущей звездочкой

На рис. 4 приведен график изменения коэффициента сцепления нулевого шарнира цепи B_0 при входе его в зацепление с зубом звездочки, для случая, когда число зубьев звездочки $z_1 = 24$. График дан для угла $\varphi_0 = 15^\circ$, совмещенного с углами ψ'_{01} (изменяется от $7,5^\circ$ до 0°) и ψ'_{02} , (изменяется от 0° до $7,5^\circ$). При этом изображено три случая: первый – когда $\delta_0 = 25^\circ$, второй – $\delta_0 = 20^\circ$, третий – $\delta_0 = 15^\circ$.

Из графика видно, что зависимость B_0 от угла φ_0 не прямая; причем, при малых углах давления шарнира цепи на зуб ($\delta_0 = 15^\circ$) значение коэффициента B_0 растет значительно быстрее, чем при больших ($\delta_0 = 25^\circ$)

На рис. 5 приведен график изменения усилия Q_1 в первом звене, в зависимости от угла поворота φ_0 нулевого шарнира. Он построен по зависимостям (7) и (11) соответственно для первой и второй фаз входа нулевого шарнира в зацепление при $S_1 = 1000$ Н.

Из графика видно, что, по мере поворота звездочки (увеличения угла φ_0), натяжение в первом звене существенно уменьшается, причем, более значительно при малом угле давления $\delta_0 = 15^\circ$. При увеличении угла δ_0 , характер изменения Q_1 остается тем же.

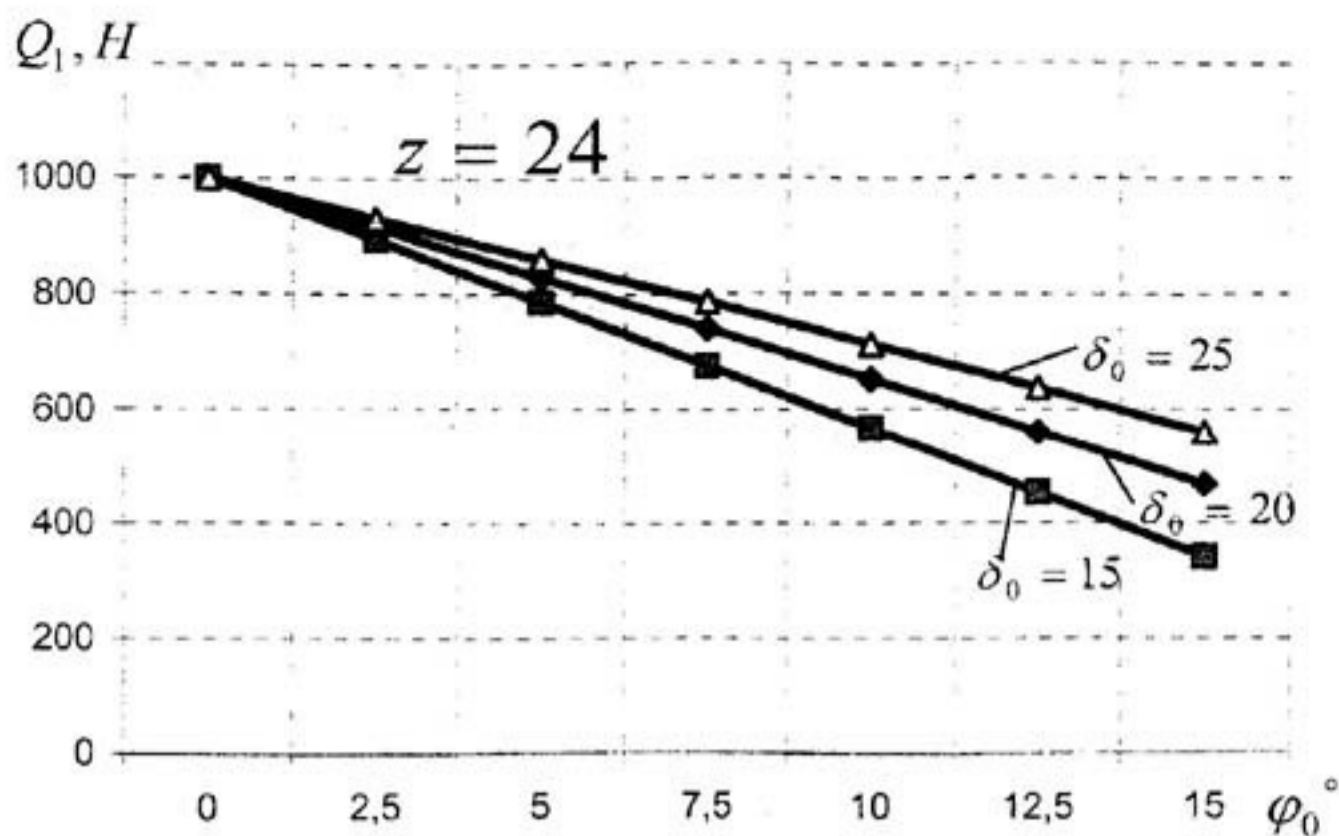


Рис. 5. Изменение усилий в первом звене, по мере вхождения нулевого шарнира в зацепление с зубом ведущей звездочки

Из равенства (5) можно записать

$$\frac{N_0}{Q_0} = \frac{\sin(\psi_0'' - \psi_{01}')}{\sin(\delta_0 + \psi_{01}')} = A_{01} \quad (12)$$

или, с учетом формулы (3), получим

$$N_0 = A_{01} \cdot Q_0 = A_{01} \cdot S_1 \quad (13)$$

– зависимость для определения изменения давления зуба на нулевой шарнир на первой фазе его входа в зацепление. Здесь A_{01} – коэффициент передачи усилия от нулевого звена на нулевой зуб, одноименный с шарниром цепи.

Из равенства (9) запишем такое выражение

$$\frac{N_0}{Q_0} = \frac{\sin(\psi_0'' + \psi_{02}')}{\sin(\delta_0 - \psi_{02}')} = A_{02} \quad (14)$$

или с учетом формулы (3), получим

$$N_0 = A_{02} \cdot Q_0 = A_{02} \cdot S_1 \quad (15)$$

– зависимость для определения изменения давления зуба на нулевой шарнир, на второй фазе его входа в зацепление. Здесь A_{02} – коэффициент передачи усилия от нулевого звена на нулевой зуб, одноименный с шарниром цепи.

На рис. 6 представлен график изменения коэффициента передачи усилия от нулевого звена на нулевой зуб, при входе в зацепление нулевого шарнира. Из графика видно, что, по мере поворота звездочки (увеличения угла φ_0), коэффициент A_0 растет, причем, более значительно при малых углах давления ($\delta_0 = 15^\circ$), чем при больших ($\delta_0 = 25^\circ$).

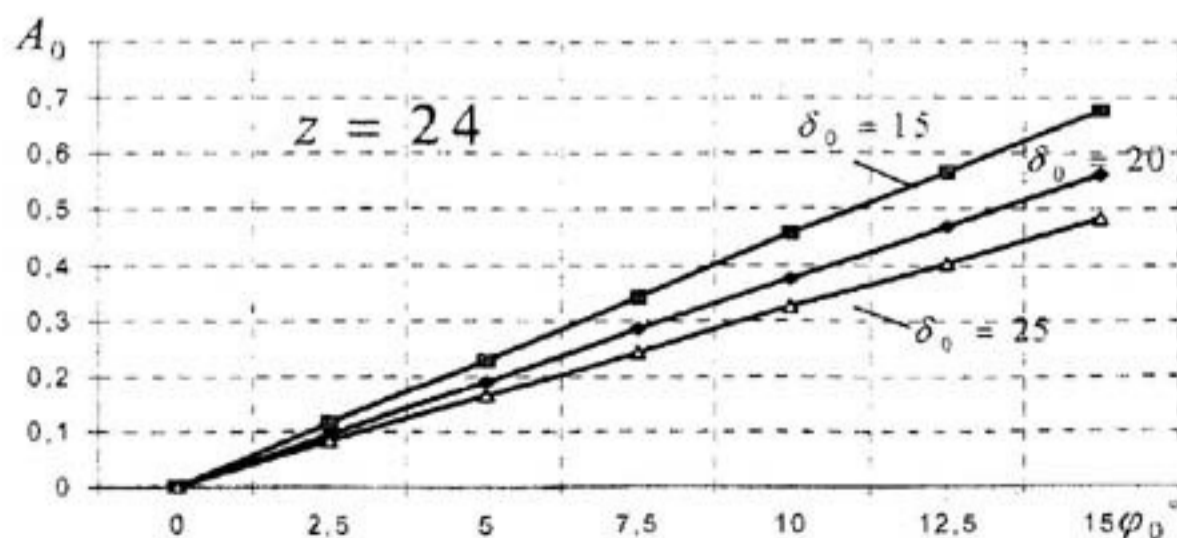


Рис. 6. Изменение коэффициента передачи усилия от нулевого звена на нулевой зуб, по мере вхождения нулевого шарнира цепи в зацепление с зубом ведущей звездочки

На рис. 7 изображен график изменения давления нулевого зуба на нулевой шарнир, в зависимости от угла поворота φ_0 , при входе последнего в зацепление с зубом звездочки, $S_1 = 1000$ Н.

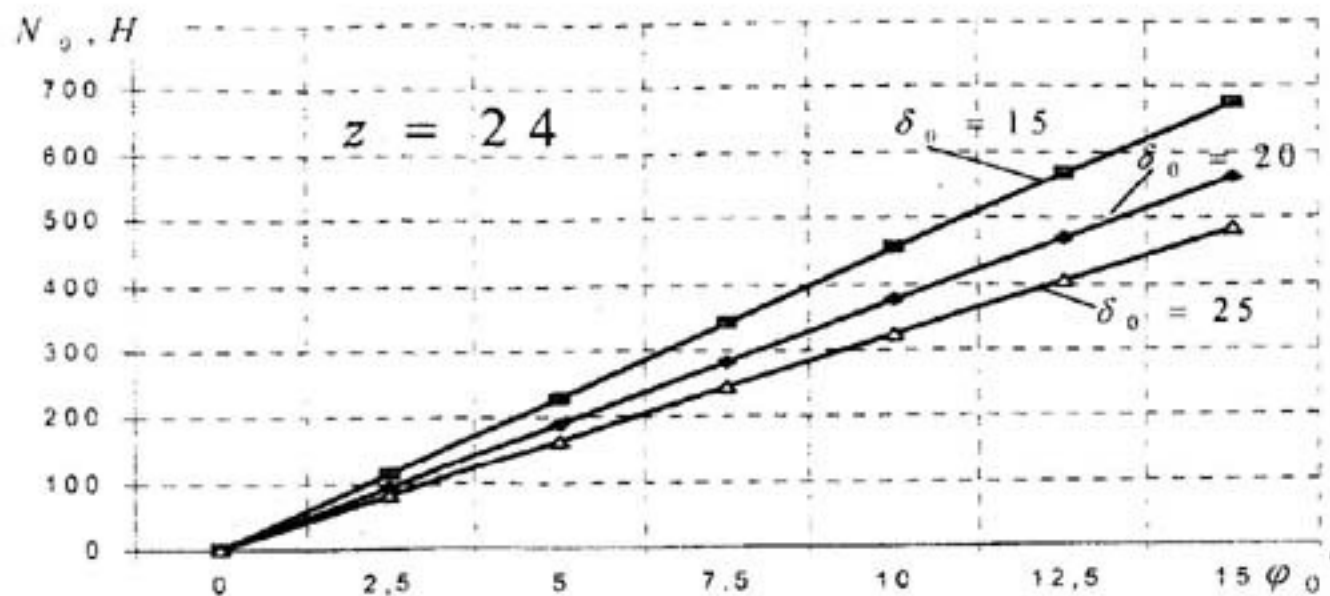


Рис. 7. график изменения давления нулевого зуба на нулевой шарнир в зависимости от угла поворота звездочки φ_0

Из графика видно, что, по мере поворота звездочки (увеличения угла φ_0 от $\varphi_0 = 0^\circ$ до $\varphi_0 = 15^\circ$), давление зуба на шарнир (N_0) возрастает, причем, более значительно при малых углах давления ($\delta_0 = 15^\circ$), чем при больших ($\delta_0 = 25^\circ$).

Таким образом, нами получены зависимости для определения усилия в первом звене цепи и давления нулевого зуба на нулевой шарнир при входе последнего в зацепление с зубом ведущей звездочки.

Литература:

1. Готовцев А.А. Проектирование цепных передач: Справочник / А.А. Готовцев, И.П. Котенок – М.: Машиностроение, 1982. – 336 с.
2. Решетов Д.Н. Детали машин / Д.Н. Решетов – М.: Машиностроение 1989. – 496 с.
3. Глущенко И.П. Цепные передачи/И.П. Глущенко, А.А. Петрик – Киев: Техника, 1979. – 104 с.
4. Петрик А.А. Проектирование открытых цепных передач / А.А. Петрик, С.А. Метильков, А.В. Пунтус, С.Б. Бережной – Краснодар: КубГТУ, 2002. – 156 с.
5. Петрик А.А. Об устойчивости настройки пары ведущая звездочка – цепь /А.А. Петрик, В.С. Семенов// В сб. «Механические передачи» труды КПИ, Краснодар, 1974, с. 17–23.