

О РАЗМЕЩЕНИИ ШАРНИРОВ РОЛИКОВОЙ ЦЕПИ НА ЗУБЬЯХ ПРИВОДНОЙ ЗВЕЗДОЧКИ С ПРЯМЫМ ПРОФИЛЕМ

В работе показано возможное размещение шарниров цепи, выполненной по ГОСТ 13568 – 75, на зубьях звездочки, профиль которой выполнен по ГОСТ 592 – 75.

В последнее время вышел ряд работ [1, 2, 3], посвященных настройке цепных передач. Госстандартом, Научно-исследовательским Институтом по Нормализации в Машиностроении (ВНИИИНАШ) и нами изданы “Рекомендации” [4] – “Передачи цепные общего назначения с приводными втулочными и роликовыми цепями. Расчет настройки передач”. Несмотря на это, у ряда исследователей и разработчиков цепных передач возникают сомнения в этой области, а их рекомендации сводятся к тому, чтобы при настраивании передачи коэффициент провисания холостой ветви был 1,5...3% (4%).

В связи с этим, и продолжая исследования цепного зацепления, нами проделана экспериментальная работа, показывающая, что, в зависимости от положения одного шарнира, все остальные, лежащие на дуге обхвата цепью звездочки, могут, как показано в работе [3], располагаться по различным формам, включая описанные в работе [1], исходную, нормальную и предельную.

Суть эксперимента заключается в том, что мы, методами компьютерной графики (в масштабе 1:1), располагали шарниры стандартной (ГОСТ 13568 – 75) [5] приводной роликовой цепи шага $t=44,45$, на зубьях звездочки (рис. 1), прямой профиль которой выполнен по стандарту (ГОСТ 592 – 75) [6]. При этом фиксировались радиусы R_i расположения центров шарниров цепи.

Для выбранного профиля его параметры (рис. 1) определяются по таким формулам:

- половина углового шага

$$\tau = \frac{180^\circ}{z} = \frac{\pi}{z}, \quad (1)$$

где z – число зубьев звездочки;

- диаметр окружности, вписанной в шаговый многоугольник

$$d_c = t_z \cdot ctg \tau, \quad (2)$$

где t_z – шаг звездочки;

- высота зуба, измеренная от шаговой линии

$$h_i = \left(0,55 - \frac{0,5}{\lambda}\right) \cdot t = 0,8H, \quad (3)$$

где $\lambda = \frac{t}{D_p}$ - отношение шага цепи t к диаметру ролика D_p ;

- диаметр делительной окружности

$$d_o = \frac{t_z}{\sin \tau} = \frac{t_z}{\sin \frac{\pi}{z}}; \quad (4)$$

- диаметр окружности выступов

$$D_e = d_c + 2h_i; \quad (5)$$

- диаметр окружности впадин

$$D_i = d_o - D_p - 0,175\sqrt{d_o}; \quad (6)$$

- смещение центров дуг впадин

$$e = (0,01 \dots 0,05)t; \quad (7)$$

- радиус впадины

$$r = 0,5(D_p + 0,05 \cdot t); \quad (8)$$

- половина угла впадины

$$\beta = 2\gamma + 2\tau; \quad (9)$$

- половина угла зуба

$$\gamma = 13^\circ \dots 20^\circ; \quad (10)$$

примем $\gamma = 15^\circ$.

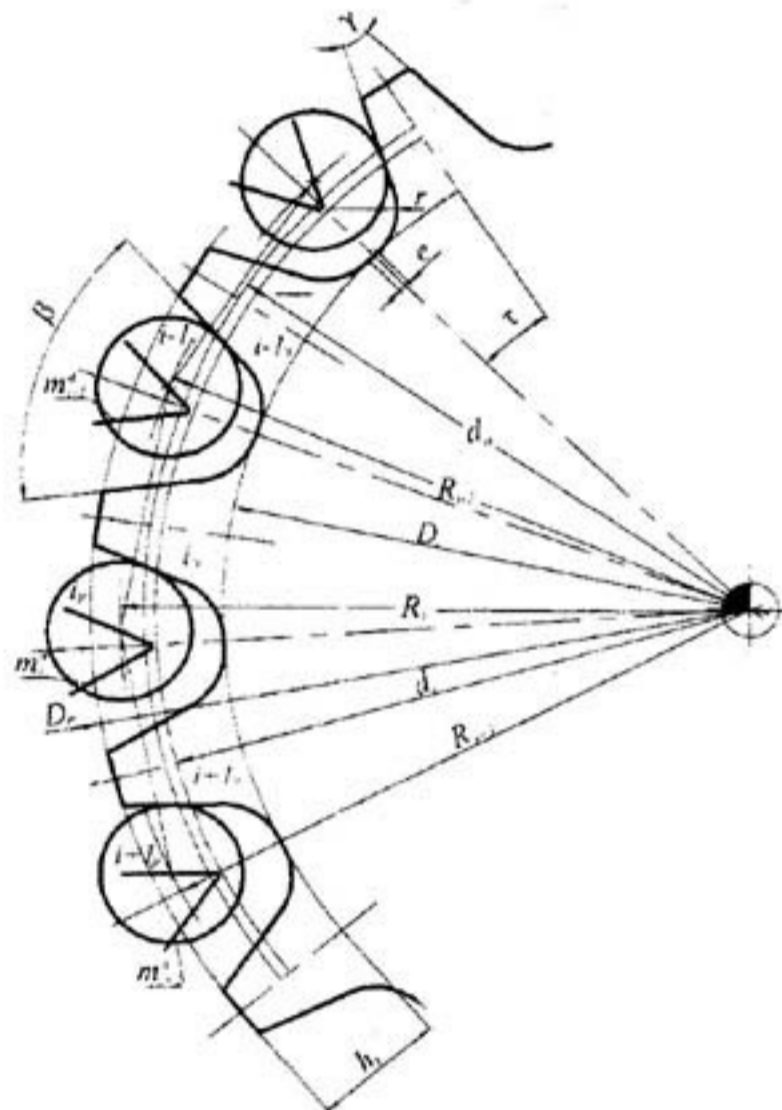


Рис. 1. Размещение шарниров равношаговой цепи на стандартном профиле зуба звездочки

По приведенным выше зависимостям (1...10), построены, как показано на рисунке 1, зубья звездочки $i-1$, i , $i+1$ со стандартным [6] профилем. На профилях зубьев размещены ролики $p-1$, p , $p+1$ шарниров стандартной [5] цепи. Причем, мы исходим из того, что средний диаметр роликов (втулок – для втулочных цепей), расположенных на профилях зубьев звездочки, можно считать постоянным, равным их номинальному размеру.

Исходя из этого, можно утверждать, что и центры шарниров, при их перекачивании (размещении) по профилям зубьев, будут перемещаться по траекториям, эквидистантным профилям зубьев. Траектории перемещения центров шарниров названы нами центровыми профилями и обозначены на рисунке m_{i-1}^u , m_i^u , m_{i+1}^u .

Центровые профили будут описываться теми же (1...10) зависимостями, что и основные, с учетом того, что они будут отстоять от основных на расстоянии равном радиусу ролика цепи, т.е. $r_p = \frac{D_p}{2}$ или $r_p = 0,5D_p$.

Будем считать, что шаг цепи t , т.е. расстояние между геометрическими осями роликов соседних звеньев цепи, так же величина постоянная. Вследствие чего можно утверждать, что центры шарниров цепи будут занимать те же места на центровых профилях, какие бы они занимали при размещении роликов стандартной цепи на зубьях звездочки со стандартным профилем.

Будем считать, что шаг цепи t , т.е. расстояние между геометрическими осями роликов соседних звеньев цепи, так же величина постоянная. Вследствие чего можно утверждать, что центры шарниров цепи будут занимать те же места на центровых профилях, какие бы они занимали при размещении роликов стандартной цепи на зубьях звездочки со стандартным профилем.

На рисунке 1 показано расположение $i-1$ -го, i -го и $i+1$ -го шарниров цепи на $i-1$, i , и $i+1$ зубьях звездочки. Из рисунка видно, что центры шарниров располагаются на центральных профилях с радиусами R_{i-1} , R_i , R_{i+1} , соответственно, причем эти радиусы отличны от радиусов делительной окружности R_0 .

Если задаться радиусом R_i расположения i -го шарнира, то можно найти радиусы расположения всех шарниров, контактирующих с зубьями звездочки. Установлено [3, 7], что шарниры цепи на зубьях звездочки могут располагаться по четырем формам, определяющим границы множества форм групп a , b , c . Для форм, определяющих границы, предельной, нормальной, граничной и исходной, можно выделить характерное расположение одного из шарниров. Для предельной, нормальной и граничной форм таким является выходящий из зацепления с ведущей звездочкой (или входящий в зацепление с ведомой звездочкой) $p+1$ -й (шестой – $6ш$) шарнир. Для исходной формы – это i -й (третий – $3ш$) шарнир, средний на дуге обхвата цепью звездочки.

Расположим, как показано на рисунке 2, $p+1$ -й шарнир, выходящий из зацепления с ведущей звездочкой. Он будет контактировать в точке k , обозначающей вершину (границу) профиля зуба. Радиус расположения его центра будем обозначать R_{p+1}^{Π} . Тогда остальные шарниры будут располагаться, как показано на рисунке 2, на радиусах $R_p^{\Pi}, R_{p-1}^{\Pi}, \dots, R_i^{\Pi}, \dots, R_2^{\Pi}, R_1^{\Pi}, R_0^{\Pi}$, причем, из рисунка четко видно, что соблюдается неравенство

$$R_{p+1}^{\Pi} > R_p^{\Pi} > R_{p-1}^{\Pi} > \dots > R_i^{\Pi} > \dots > R_2^{\Pi} > R_1^{\Pi} > R_0^{\Pi}, \quad (11)$$

т.е. так, как утверждается в работах [3, 7].

Если разместить $p+1$ -й шарнир на радиусе R_{p+1}^H , как показано на рисунке 3, т. е. на делительной окружности (так он располагается при нормальной форме [1, 2, 3, 7]), то остальные шарниры будут располагаться, для равношаговой цепи, на том же радиусе:

$$R_{p+1}^H = R_p^H = R_{p-1}^H = \dots = R_i^H = \dots = R_2^H = R_1^H = R_0^H. \quad (12)$$

При размещении $p+1$ -го шарнира на радиусе R_{p+1}^{Γ} , остальные будут располагаться так, как показано на рисунке 4, т.е. по граничной форме [3, 7]. При этом будет соблюдаться условие

$$R_{p+1}^{\Gamma} < R_p^{\Gamma} < R_{p-1}^{\Gamma} < \dots < R_i^{\Gamma} < \dots < R_2^{\Gamma} < R_1^{\Gamma} < R_0^{\Gamma}. \quad (13)$$

Из работ [1, 3, 7] известно, что исходная форма расположения шарниров цепи характеризуется размещением i -го – среднего на дуге обхвата шарнира во впадине между зубьями на радиусе R_i^H . А все остальные шарниры располагаются или на рабочих профилях – $R_0^H, R_1^H, R_2^H, \dots$, или симметрично перечисленным, на затылочных профилях $R_{p+1}^H, R_p^H, R_{p-1}^H$. Причем соблюдается условие

$$R_{p+1}^H > R_p^H > R_{p-1}^H > \dots > R_i^H < \dots < R_2^H < R_1^H < R_0^H. \quad (14)$$

На это указывает и размещение шарниров по исходной форме, представленное на рисунке 5.

Для сравнения размещения шарниров цепи при различных формах расположения, рисунки 2, 3, 4 и 5 объединены в рисунок 6. Из рисунка видно существенное отличие в размещении шарниров на зубьях звездочки при различных формах их расположения.

На рисунке 7 приведены графики размещения центров шарниров при различных формах их расположения, причем по оси абсцисс ($X'X$) даны номера шарниров, а по оси ($Y'Y$) – радиальное смещение центров шарниров ΔR^H с радиуса делительной окружности изношенной на 3% равношаговой цепи и смещение центров шарниров ΔR^3 с радиуса делительной окружности звездочки

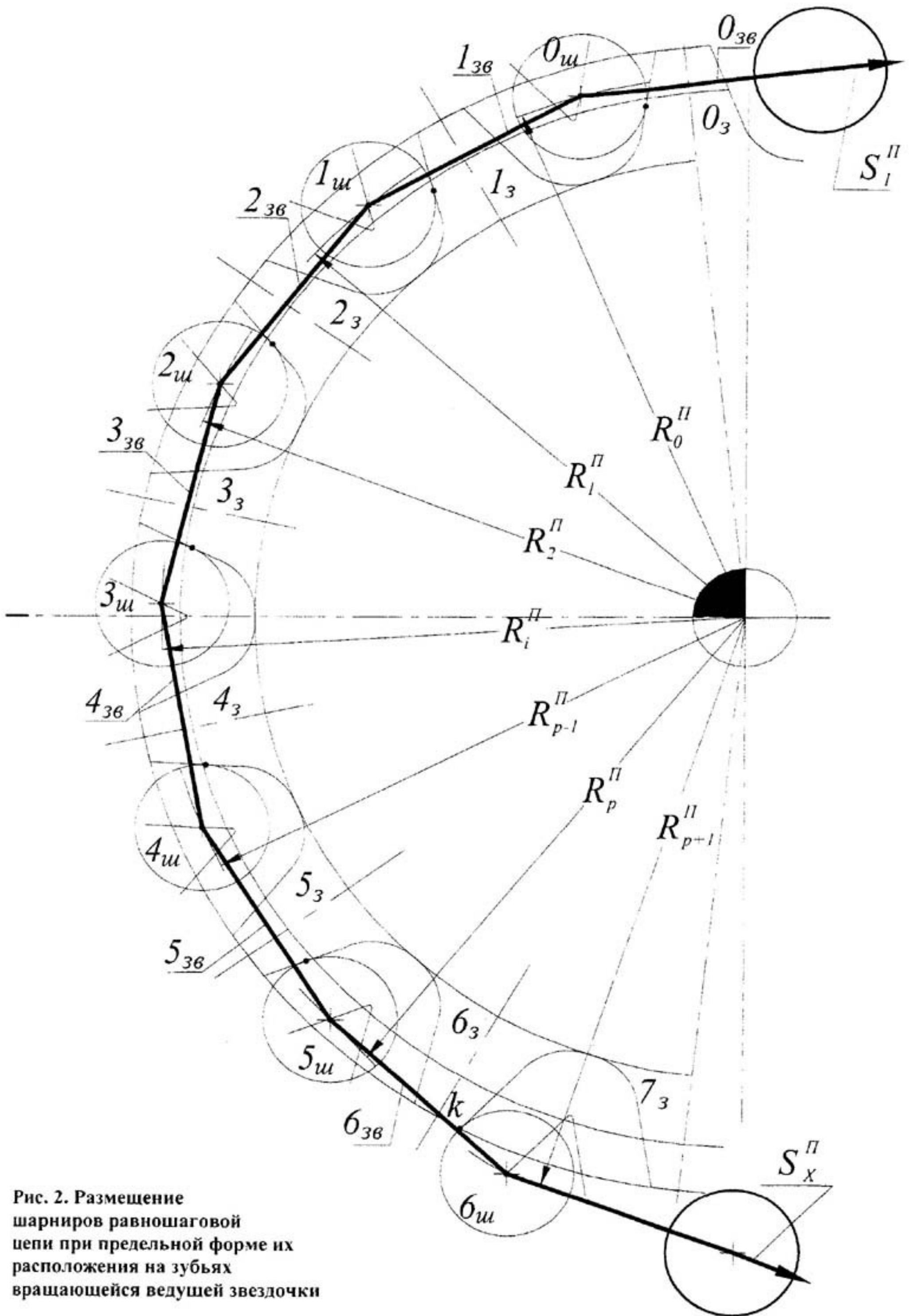


Рис. 2. Размещение шарниров равношаговой цепи при предельной форме их расположения на зубьях вращающейся ведущей звездочки

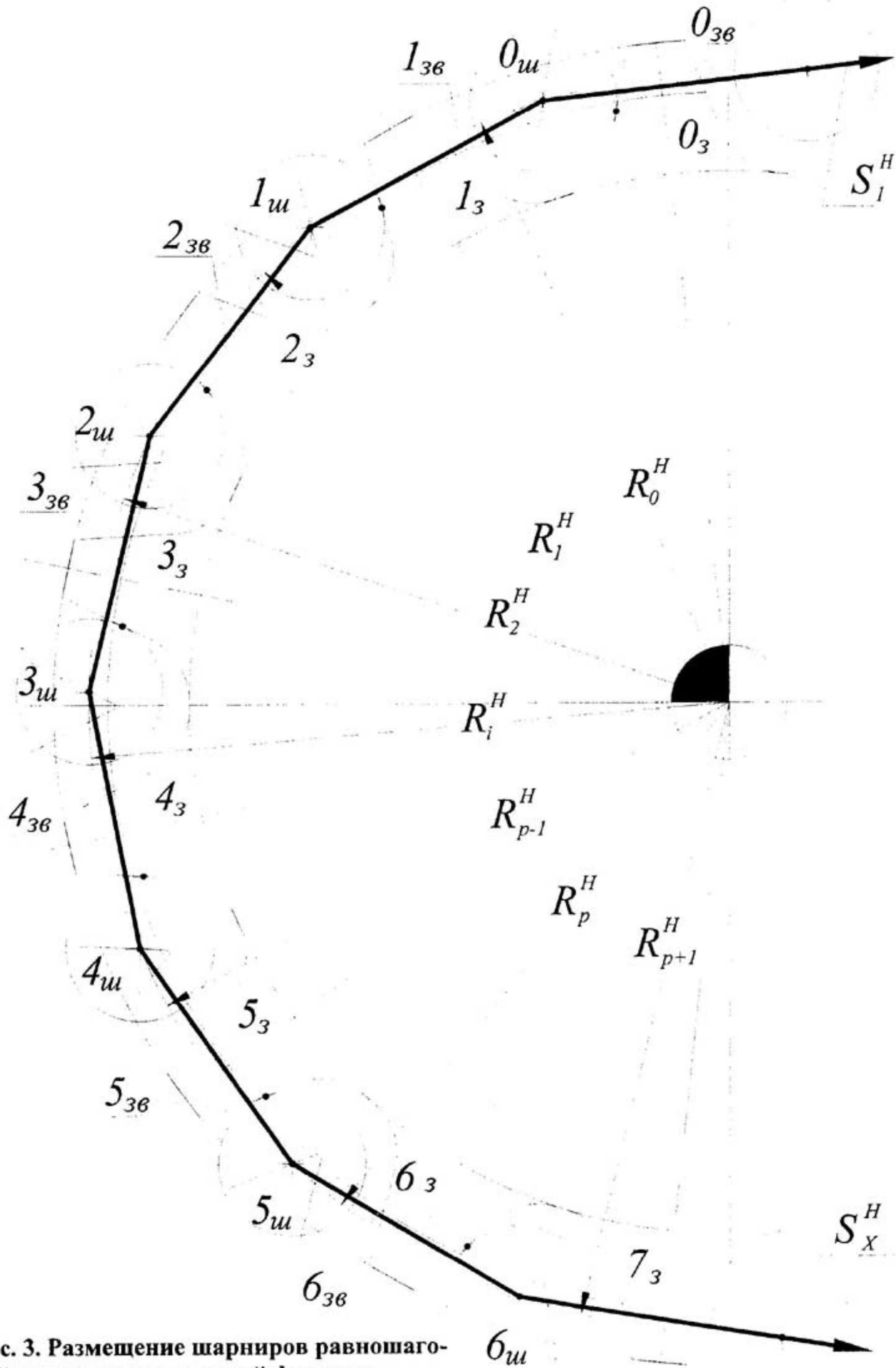


Рис. 3. Размещение шарниров равношаговой цепи при нормальной форме их расположения на зубьях вращающейся ведущей звездочки

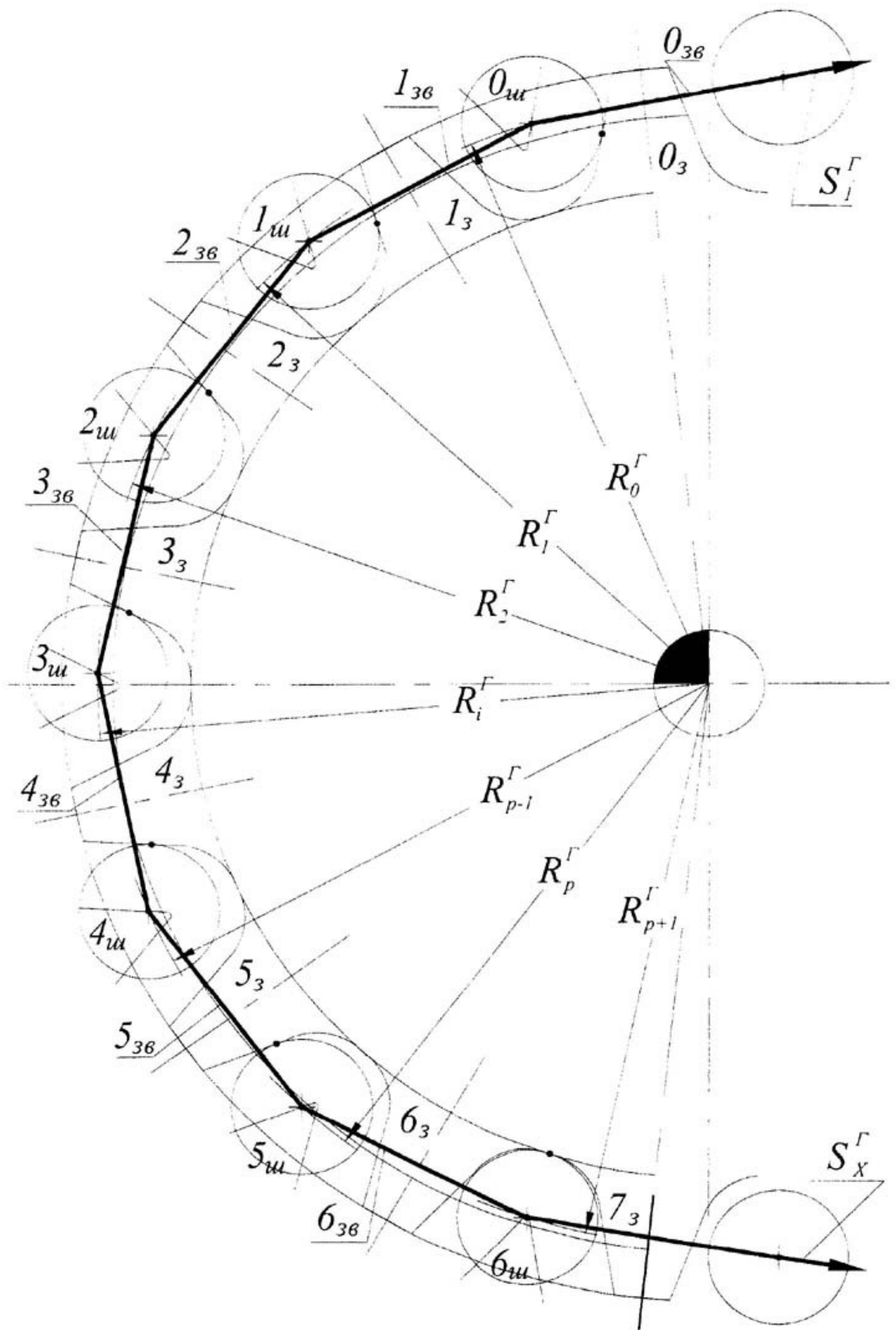


Рис. 4. Размещение шарниров равношаговой цепи при граничной форме их расположения на зубьях вращающейся ведущей звездочки

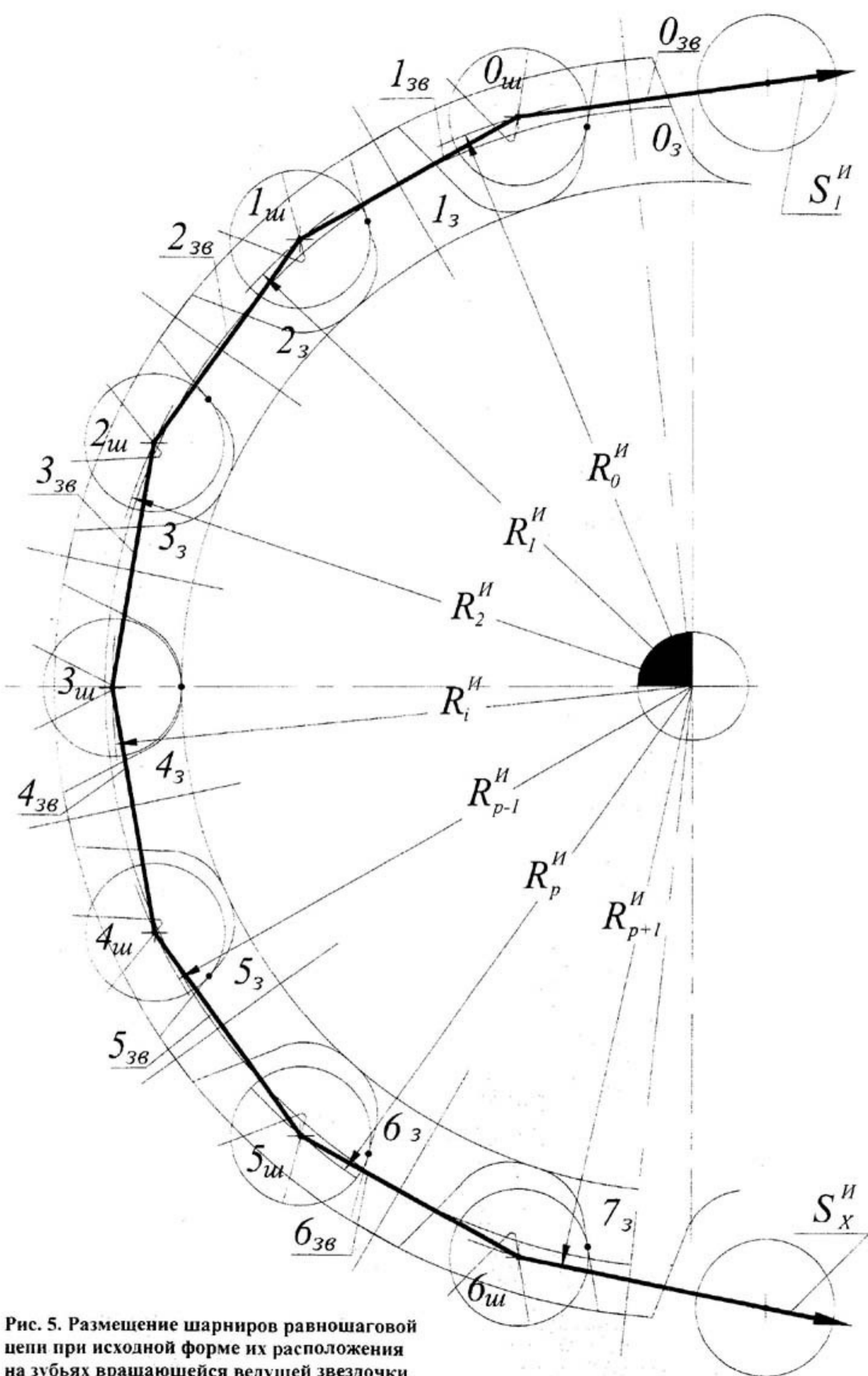


Рис. 5. Размещение шарниров равношаговой цепи при исходной форме их расположения на зубьях вращающейся ведущей звездочки

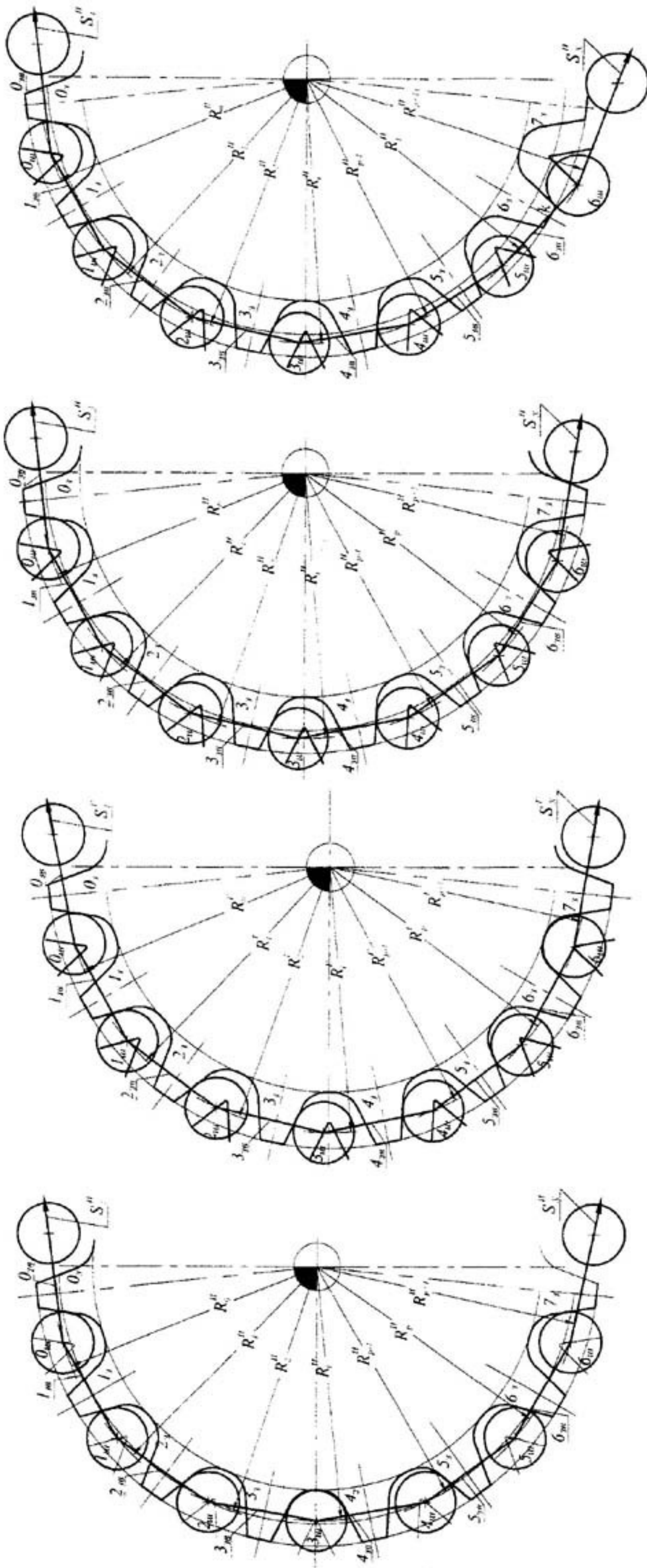


Рис. 6. Взаимное размещение форм расположения шарниров, определяющих их границы при износе равношаговой цепи равном 3%

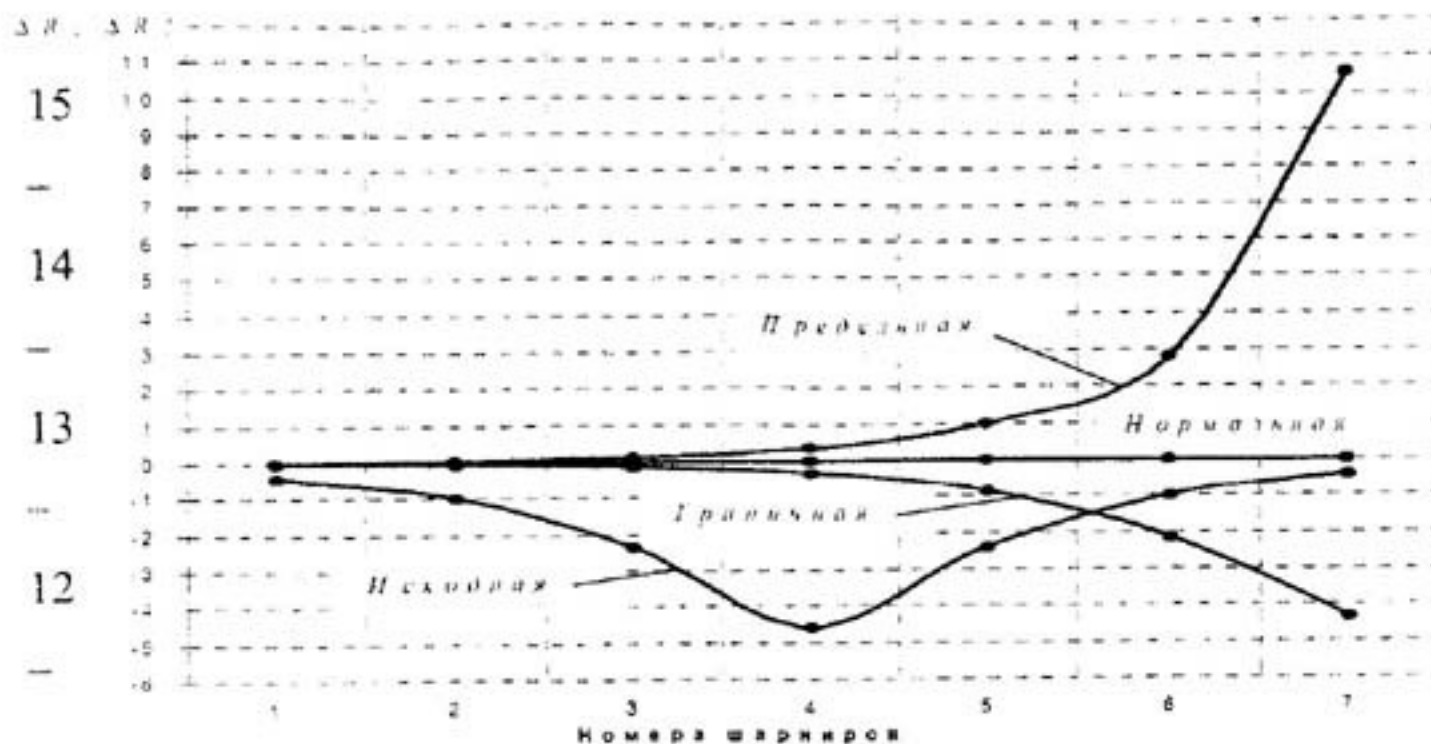


Рис. 7. График радиусов размещения шарниров равношаговой, изношенной на 3% цепи на профилях зубьев ведущей звездочки при исходной, граничной, нормальной и предельной формах их расположения

Из рисунка 7 видно, как указывают и некоторые другие исследователи, что существенное изменение радиуса расположения шарнира, перемещающегося по зубу вращающейся ведущей звездочки, происходит только при выходе его из зацепления (шарниры 7-й, 6-й, 5-й, 4-й). А после входа шарнира в зацепление – начальная стадия (шарниры 0-й, 1-й, 2-й), он перемещается очень мало, так как радиус его расположения почти не изменяется.

Таким образом, нами доказано существование различных форм расположения шарниров изношенной на 3% цепи на прямом профиле зубьев ведущей звездочки.

Литература:

1. Глущенко И. П. Основы проектирования цепных передач с втулочно-роликовыми цепями / И. П. Глущенко – Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1964. – 226 с.
2. Петрик А.А. О настройке цепных передач / И.П. Глущенко, А.А. Петрик, В.С. Семенов // Механические передачи: Сб. науч. тр. Краснодар. политех. ин-т. – Краснодар: 1974. – С. 3 – 8.
3. Семенов В.С. Определение положения центров шарниров роликовой цепи на зубьях звездочек / В.С. Семенов, О.И. Остапенко, С.Б. Бережной, Ю.П. Нагорный // Цепные передачи и приводы: Сб. науч. тр. Краснодар. политех. ин-т. – Краснодар: 1979. – С. 61 – 68.
4. Глущенко И. П. Передачи цепные общего назначения с приводными втулочными и роликовыми цепями / И. П. Глущенко, А.А. Петрик, С. Б. Бережной, В.С. Семенов // Расчёт настройки. – Москва – Краснодар: Советская Кубань 1981. – 33 с.
5. ГОСТ 13568–75. Цепи приводные роликовые и втулочные. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 13568–68; Введ. 01.07.77. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 26 с.
6. ГОСТ 592–81. Звёздочки для пластинчатых цепей. Методы расчёта и построения профиля зубьев. Предельные отклонения. – Взамен ГОСТ 592–75 Введ. 01.01.83 – М.: Изд-во стандартов, 1987. 22 с.
7. Семенов В.С. Формы расположения шарниров цепи и тяговая способность цепной передачи / В.С. Семенов, Н.Н. Саенко // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2003. - № 5. – С. 106 – 108.