



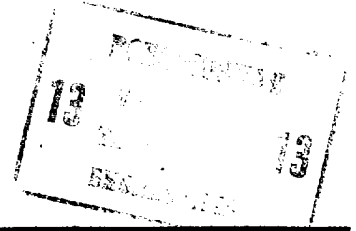
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1209042 A

(51) 4 F 16 H 15/50

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ



(21) 3660553/25-28
(86) РСТ/D К 83/00016 (17.02.83)
(22) 17.10.83
(31) 710/82
(32) 18.02.82
(33) DK
(46) 30.01.86. Бюл. № 4
(71) Лиценссельскабет Йенс Кугле
Апс (DK)
(72) Йенс Кугле (DK)
(53) 621.833.6(088.8)
(56) Патент США № 2862407,
кл. 74-796, 1958.
(54)(57) 1. ПЕРЕДАТОЧНЫЙ МЕХАНИЗМ,
содержащий два набора шариков, ко-
торые образуют соосные кольца, и
поддерживающие их в таком виде пару
внутренних и пару внешних кольцеоб-
разных дорожек вращения, установлен-
ных с возможностью осевого переме-
щения одна относительно другой в заре-
анее определенных пределах и распо-
ложенных соосно с кольцами шариков,
последние установлены с возможностью
поворота относительно общей главной
оси при относительном вращении доро-
жек вращения, каждый шарик в одном
кольце сопряжен с двумя шариками
в другом кольце и наоборот и установ-
лен с возможностью дополнительного
вращения вокруг своей собственной
оси, проходящей через центр, от-
личающийся тем, что, с
целью регулирования диапазона изме-
нения передаточного отношения, рас-

стояние в осевом направлении как
между внутренними, так и внешними
дорожками вращения постоянно.

2. Механизм по п. 1, отли-
чающийся тем, что профили
дорожек вращения описаны вогнутыми
образующими, при которых собствен-
ные оси вращения шариков пересекают
внутренние и внешние дорожки или
их воображаемые продолжения, идущие
внутрь в точках касания шариков с
названной дорожкой вращения, рассто-
яния каждой последней точки от глав-
ной оси и собственной оси вращения
изменяется противоположно относи-
тельному смещению пар дорожек вра-
щения, а соотношение этих расстоя-
ний больше для внешних дорожек вра-
щения, чем для внутренних дорожек
вращения.

3. Механизм по пп. 1 и 2, от-
личающийся тем, что об-
разующие дорожек вращения представ-
ляют собой аркообразные кривые.

4. Механизм по пп. 2 - 3 при
двух наборах шариков, имеющих одни
и те же размеры, отличающийся
тем, что в каждой паре
противоположно вращающихся дорожек
образующие симметричны.

5. Механизм по п. 4, отли-
чающийся тем, что четыре
дорожки вращения имеют двойные сим-
метричные образующие.

(19) SU (11) 1209042 A

Изобретение относится к машиностроению, в частности к передаточным механизмам.

Цель изобретения - регулирование диапазона изменения передаточного отношения.

На фиг. 1 представлен механизм в нейтральном положении, поперечное сечение; на фиг. 2 и 3 - то же, в крайних положениях; на фиг. 4 - показаны шарики передачи в направлении оси передачи; на фиг. 5 и 6 - геометрические фигуры, поясняющие принцип работы; на фиг. 7 - горизонтальное сечение на фиг. 4; на фиг. 8-14- геометрические фигуры, поясняющие работу передачи; на фиг. 15 - сечение по оси на фиг. 1.

Передаточный механизм (фиг. 1 и 2) содержит входной вал 1, установленные на нем пару внутренних кольцеобразных дорожек 2 и 3 вращения, пару внешних кольцеобразных дорожек 4 и 5 вращения, отделенных от дорожек 2 и 3 кольцеобразными промежутками 6. Дорожка 4 неподвижна. Дорожка 5, пространственно отделенная от дорожки 4, свободно вращается, но не имеет возможности для скольжения в осевом направлении и образует выходной элемент.

Профили четырех кольцеобразных дорожек 2, 3 и 4, 5 описаны вогнутыми образующими 7 - 10, которые в предпочтительном варианте представляют собой аркообразные кривые. Расстояние в осевом направлении как между внутренними 2 и 3, так и внешними 4 и 5 дорожками вращения постоянно.

Между кольцеобразными дорожками размещены два набора шариков 11 и 12, которые образуют соосные кольца. Каждый шарик 11 одного кольца касается образующей 7 внутренней дорожки 2 и образующей 9 внешней дорожки 4 и двух шариков 12 другого кольца. Каждый шарик 12 другого кольца касается образующей 8 внутренней дорожки 3, образующей 10 внешней дорожки 5 и двух шариков 11 первого кольца.

Ось Y (фиг. 1) является осью симметрии для двух фиксированных в осевом направлении дорожек 9 и 10 вращения. Сдвиг по оси X внутренних дорожек вращения (фиг. 2) приводит к изменению количественных параметров, которые определяют отношение скорости вращения входного вала 1 к скорости

ти дорожки 5 вращения, являющейся выходным элементом, т.е. к изменению передаточного отношения передаточного механизма.

На фиг. 4 показаны два кольца 11 и 12, которые видны в направлении оси механизма. Движение шариков рассмотрено в проекции осей X, Y, Z и линий P, идущих под одинаковыми углами и представляющих плоскости, которые пересекают друг друга на оси X и в которых движутся центры шариков при относительных осевых перемещениях колец шариков. Одна из линий P совпадает с осью Z. Угол между двумя соседними плоскостями P называется центральным углом β и зависит от числа шариков

$$\beta = \frac{360}{n}$$

где n - число шариков.

Если шарики 12 в одном кольце (фиг. 2) сдвигаются к главной оси X передачи, то шарики 11 в другом кольце будут двигаться от главной оси, как показано пунктирными линиями на (фиг. 4). Проекция линии или воображаемой прямой между центрами двух шариков 11 и 12 остается постоянной, что следует из двух конгруэнтных треугольников, полученных из проекции пунктирной линии S на сплошную линию. Поскольку все шарики должны непрерывно контактировать друг с другом, прямое направление, представленное длиной стержня S между центрами шариков должно все время равняться $2R_k$, где R_k - радиус шарика.

Если две плоскости P, в которых должны перемещаться центры шариков, параллельно друг другу на расстоянии менее $2R_k$, то возможности движения для центров шариков при поддерживании контакта касания между шариками, может быть представлено двумя кругами C_1 одного и того же размера (фиг. 5), которые расположены таким образом, относительно их соответствующих двух плоскостей, чтобы образовать поверхности воображаемого цилиндра C_2 , ось которого перпендикулярна к плоскостям, и в которых воображаемый стержень S будет выступать между произвольной точкой на одном круге и диаметрально противоположной точкой на другом круге. Точ-

ка касания шариков будет являться центром тяжести этого цилиндра.

В действительности две плоскости, в которых движутся центры двух соседних шариков не параллельны, а образуют друг с другом угол β . На фиг. 6 воображаемый цилиндр C_y и стержень представлены в трех различных положениях между двумя плоскостями P . Положение, показанное сплошными линиями, соответствует нейтральному положению, в котором центры двух шариков расположены эквидистантно относительно оси X , а положение, показанное пунктирными линиями, является крайним положением, в котором разница между расстояниями между центрами шариков от оси X является максимально возможным. Положение, показанное пунктирными линиями, соответствует промежуточному положению. Выше цилиндра показаны проекции стержня на оси X в трех положениях. Таким образом, относительные перемещения центров шариков сопровождаются осевыми перемещениями цилиндра C_y , и что дорожки, по которым могут перемещаться центры шариков в плоскостях P соответствуют эллипсам, в которых поверхность цилиндра пересекает плоскости. Один из этих эллипсов показан в качестве фигуры E (фиг. 6) вместе с кругом C_1 , представляющим цилиндр, причем это показано в том виде, который получается, если смотреть с конца. Половина малой оси эллипса, которая равна радиусу круга, обозначена a , а половина большой оси обозначена буквой b .

На фиг. 4 заштрихованы два соседних шарика 11 и 12. Предположим, что через центры этих шариков проведено сечение, которое параллельно плоскости XZ , в результате этого получим изображение, подобное тому, которое представлено на фиг. 7, где два радиуса R_k шариков, расположенные таким образом, что они являются продолжением друг друга, образуют воображаемый стержень, который составляет угол α с линией, которая параллельна оси Z и выступает через центр шарика 11, являясь внешней образующей воображаемого цилиндра, который виден в направлении оси X . Оконечная поверхность цилиндра представлена линией, длиной $2a$, которая проходит через центр шарика 12 и параллельна

оси X . Угол α зависит от "плотности" шариков в нейтральном положении. Таким образом, оси эллипса (фиг. 6 и 7) могут быть определены как:

5

$$a = R_k \cdot \sin \alpha$$

$$b = a / \cos(\beta/2) = R_k \cdot \sin \alpha / \cos(\beta/2)$$

На практике смещения шариков обеспечиваются смещением в осевом направлении одного набора формирующих колец относительно другого набора. При этом предполагается, что воображаемый цилиндр C_y сдвигается в направлении, перпендикулярном его оси и параллельном оси механизма X . Таким образом, центры шариков совершают сложное движение с радиальным и осевым компонентами вдоль результирующей траектории, которая определяет поперечное сечение траектории вращения в плоскостях, содержащей ось механизма.

Теоретически может быть использовано произвольно большое количество форм кривых, но только одна форма кривой удовлетворяет требованию, связанному с тем, что для достижения наибольшего возможного изменения плеч сил, определяемых расположением точек контактирования шариков на дорожках вращения, необходимо обеспечить симметричное перемещение этих точек касания как в радиальном, так и в осевом направлениях. В связи с двойным симметричным перемещением точек касания шариков по дорожкам качения, соотношение между противоположно направленными смещением в радиальном направлении и общим смещением в осевом направлении центров двух шариков должно быть таким, чтобы траектории смещения центров шариков также оказывались симметричными.

Требуемые условия симметрии удовлетворяются в случае циклоиды. Циклоида, получаемая вращением круга, имеющего радиус прямой линии, представлена на фиг. 8. Противоположно направленными перемещениями центров шариков вдоль кромок воображаемого цилиндра и их общее смещение в осевом направлении вместе с цилиндром, могут быть описаны двумя половинами циклоиды в биссектральной плоскости центрального угла, как показано на фиг. 9, где ось, параллельная оси X и перпендикулярная оси цилиндра,

обозначена X. В диапазоне $a=y=-a$, где у берется на оси X, кривые могут быть выражены уравнением

$$x = \sqrt{a^2 - y^2} + \frac{[\sin^{-1}(\frac{y}{a})] \cdot \pi \cdot a}{180}$$

Центры шариков могут быть зафиксированы на этих однородных кривых, симметричных относительно оси Y с помощью идентичных кривых, которые симметричны первой кривой, относительно оси X, сдвига одной пары кривых относительно другой пары кривых вдоль оси X, как показано пунктирными линиями на фиг. 10.

Эти, обладающие двойной симметрией кривые, обеспечивают геометрическую основу для получения профилей дорожек вращения. Однако кривые построены на плоскости, образующей гол, равный половине центрального угла β с плоскостями P, в которые могут перемещаться центры O_{11} и O_{12} шариков. Поэтому кривые должны проектироваться на одну из этих плоскостей для того, чтобы создать базу для желаемых профилей. Координаты у этих кривых должны поэтому быть поделены на косинус половины центрального угла, что приводит к получению конфигурации, показанной на фиг. 11. В диапазоне $c = y = -c$, где c соответствует выбранной величине максимального сдвига в радиальном направлении, т.е. в направлении оси Y кривые могут быть выражены следующим уравнением:

$$x = \sqrt{a^2 - (y \cdot \cos \beta/2)^2} + \frac{[\sin^{-1}(\frac{y \cdot \cos \beta/2}{a})] \cdot \pi \cdot a}{180}$$

Как следует из рассматриваемого ниже материала, диапазон регулирования передаточного механизма определяется максимальным различием, получаемым между расстояниями от оси механизма к точкам касания между шариками 11 и 12 и дорожками 8 - 10 вращения и расстояниями от собственных осей O_{11} и O_{12} вращения шариков 11 и 12 к тем самым точкам касания, равно как и между радиусами от последних осей к точке взаимного касания шариков 11 и 12, путем сдвига шариков в кольцах, образованных шариками 11 и

12. Соотношение этих расстояний больше для внешних дорожек 9 и 10 вращения, чем для внутренних дорожек 7 и 8 вращения. Поскольку максимальная разница в расстояниях определяется не только количеством шариков, значением угла α и величиной C, а также радиусом r перемещения основной циклоиды, радиус r может быть использован при расчете диапазона регулирования, если это необходимо. Радиус перемещения циклоиды определяется как

$$r = \frac{(\sqrt{a^2 - (c \cos \beta/2)^2} - m) \cdot 180}{[\sin^{-1}(\frac{c \cdot \cos \beta/2}{a})] \pi}$$

где m - соответствует значению y для случая, когда $x' = -c$, так что генерализованная формула кривой сдвига центров шариков в диапазоне $c = y = -c$ будет иметь вид

$$x = \sqrt{a^2 - (y \cdot \cos \beta/2)^2} + \frac{[\sin^{-1}(\frac{y \cdot \cos \beta/2}{a})] (\sqrt{a^2 - (c \cos \beta/2)^2} - m)}{\sin^{-1}(\frac{c \cdot \cos \beta/2}{a})}$$

На фиг. 12 представлен пример использования радиуса r перемещения, который меньше, чем радиус a воображаемого цилиндра.

Формы кривых, найденные в данном решении, приводят к профилям дорожек вращения, которые оказываются достаточно трудно изготовить на практике, но сегменты кривых, которые необходимы в качестве основы для таких профилей весьма близки к дугам окружности, что приводит к возможности получения профилей, которые оказываются простыми в изготовлении. Можно рассчитать, что максимальные отклонения имеют величину, которая менее порядка неточности изготовления, обычно принятой при производстве шариков. К этому необходимо добавить, что влияние неточностей в выполнении кривых на два контактирующих шарика фактически нейтрализуют друг друга вследствие симметрии кривой.

На фиг. 13 представлено изображение, соответствующее фиг. 11, где траектории перемещения центров шариков являются дугами окружности C_1 и C_2 , имеющих радиусы соответст-

венно C_1 и C_2 , на одном и том же расстоянии от малой оси или оси X' , и на том же расстоянии X_c от и на соответствующих сторонах оси Y , которое совпадает с большой осью показанного сплошной линией эллипса E , соответствующего воображаемому цилиндру в его нейтральном положении. Кроме того, на фиг. 13 сделано упрощение, которое заключается, в том, что пунктирный эллипс, представляющий крайнее положение воображаемого цилиндра, пересекает ось Y в точках $y = \pm c$. В нейтральном положении проекция на ось X воображаемого стержня S образует малую ось эллипса. Проекция стержня на ось X' в крайнем положении цилиндра, обозначена как d .

Если сдвиг происходит влево, а не вправо в ситуации, показанной на фиг. 13, центры шариков будут следовать за продолжениями дуг окружности относительно дуги C_{1j} вниз к линии $y = -c$, которая пересекает ось Y , а в отношении дуги C_{i2} - вверх к линии $y=c$.

Если центр правого шарика (фиг. 13) в процессе перемещения эллипса вправо, движется вниз, а не вверх, как показано, и в случае сдвига влево перемещается вверх, две другие дугообразные траектории C_{i3} и C_{i4} перемещаются так, что в результате образуется картина, являющаяся зеркальным отображением ситуации, образованной дугами C_{i4} и C_{i1} , как показано на фиг. 14. В процессе относительных перемещений один набор дуг смещается в направлении оси X' относительно другого набора. Центры шариков будут постоянно находиться в их соответствующих точках взаимного пересечения между верхней и нижней дугообразными траекториями.

Как видно на фиг. 14, максимальный относительный сдвиг набор дуг равняется d . На основе формулы эллипса формулу для определения d можно составить с использованием осей эллипса и величины c

$$d = 2a \sqrt{1 - c^2/b^2}$$

Следующие три уравнения с тремя неизвестными величинами R , X_c и Y_c , могут быть выведены на основании данных на фиг. 13

$$R^2 = (Y_c + c)^2 + X_c^2; \quad R^2 = Y_c^2 + (X_c + a)^2; \\ R^2 = (Y_c - c)^2 + X_c^2; \quad R^2 = Y_c^2 + (X_c - a)^2;$$

Отсюда координаты центра шарика C_1 и радиус дуги окружности C_1 выражаются как

$$X_c = (2a^2 - 2C^2 - d^2)/(ad - 4a)$$

$$Y_c = (2X_c \cdot d + d^2)/4c$$

$$R = \sqrt{(Y_c + c)^2 + X_c^2}$$

Когда образованы профили с радиусом $R_i = R + R_k$, как показано на фиг. 15, то сдвиг внутренних и внешних дорожек по отношению друг к другу обеспечит требуемую эллиптическую траекторию перемещения центров шариков и тем самым будет гарантировать, что контакт касания между шариками и дорожками качения и между шариками будет сохраняться.

На фиг. 15 отмечен радиус R_y , также как это было сделано в случае, представленном на фиг. 6. Половина длины проекции воображаемого стержня, показанного сплошной линией на фиг. 4, равняется $R_k \cdot \cos \alpha$ и отсюда

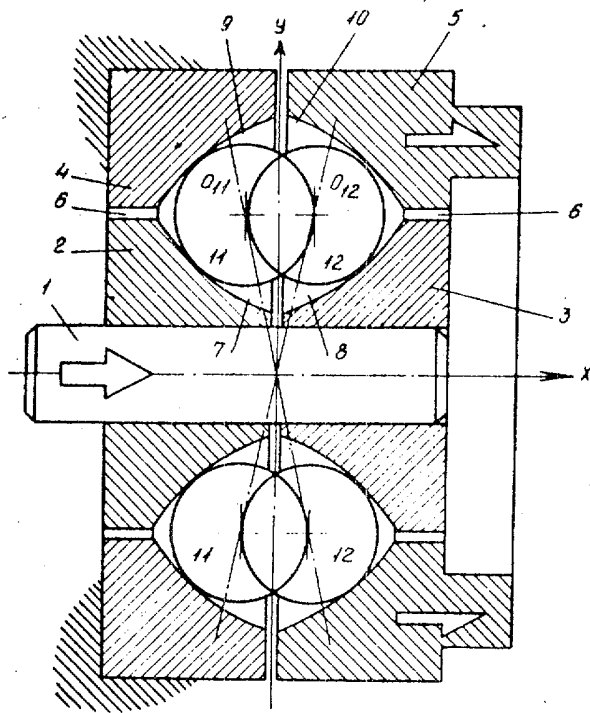
$$R_y = \frac{R_k \cdot \cos \alpha}{\sin (\beta/2)}$$

Таким образом, все размеры передаточного механизма могут быть рассчитаны из вышеприведенных уравнений.

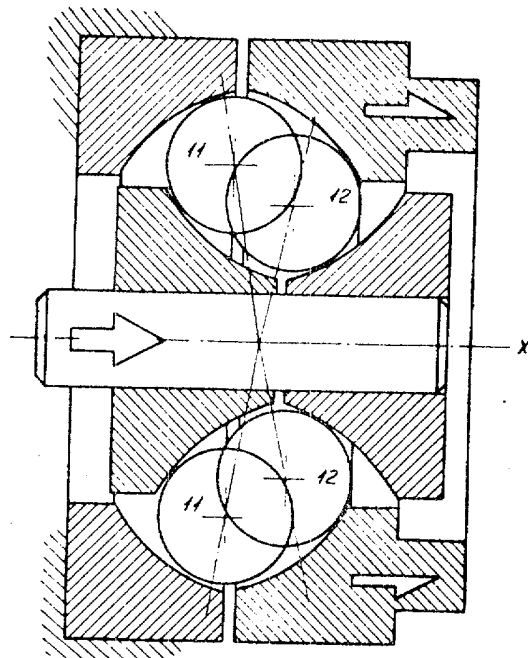
Когда все шарики имеют одинаковые размеры, дорожки вращения в передаточном механизме имеют образующие 7 и 8, 9 и 10, которые симметричны парно. Наибольшее изменение диапазона передаточного отношения может быть получено в том случае, когда четыре дорожки вращения имеют двойные симметричные образующие 7 и 8, 9 и 10.

Передаточный механизм работает следующим образом.

Вращение входного вала 1 передается на внутренние кольцеобразные дорожки 2 и 3, которые посредством двух наборов шариков 11 и 12 вращают внешнюю дорожку 5, являющуюся выходным элементом. Благодаря смещению дорожек 2 и 3 от нейтрального положения в правое и левое положение обеспечивается бесступенчатое изменение передаточного отношения.

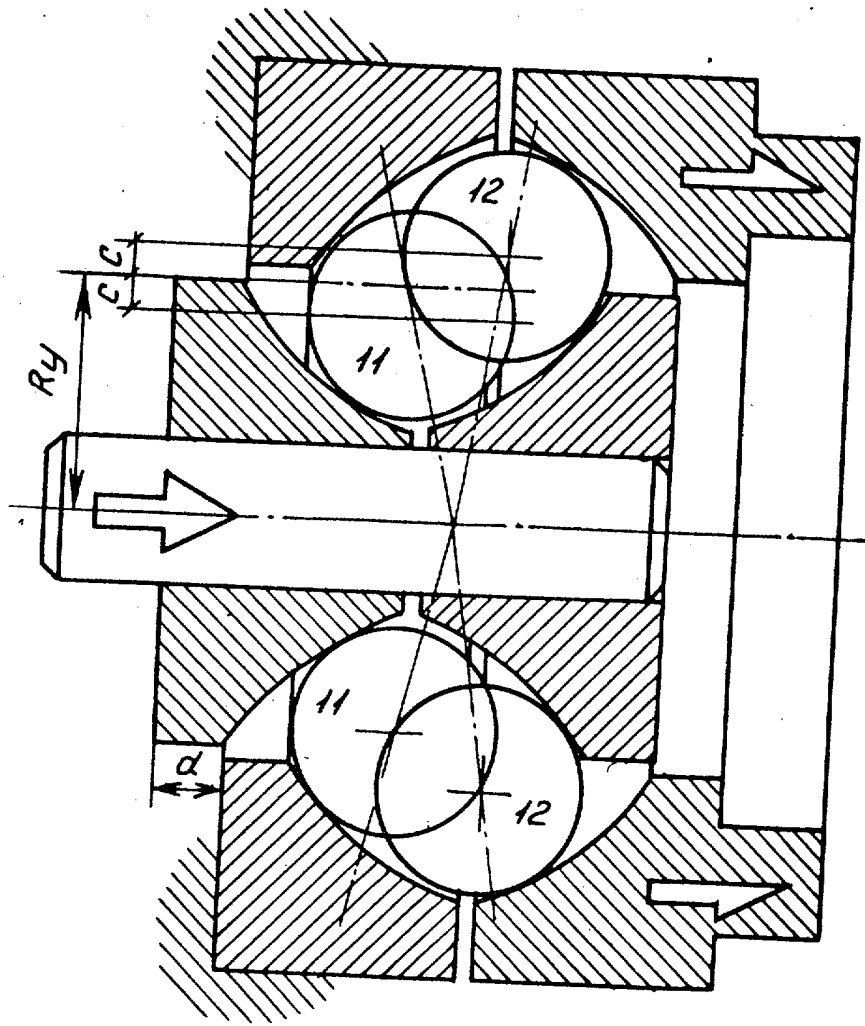


Фиг. 1

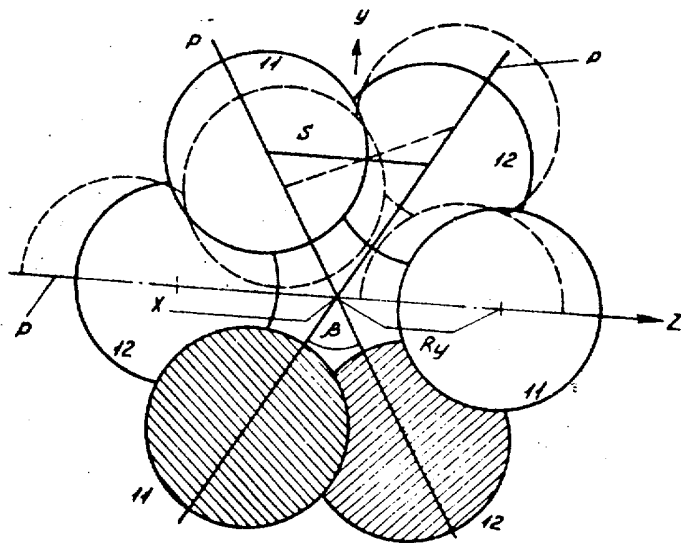


Фиг. 2

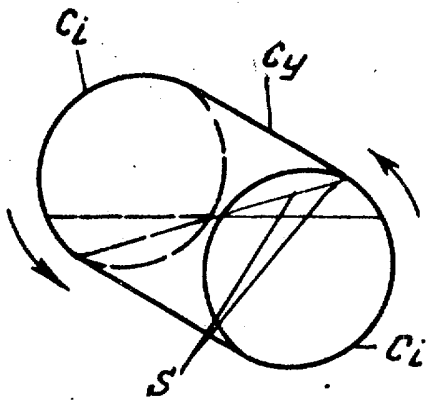
1209042



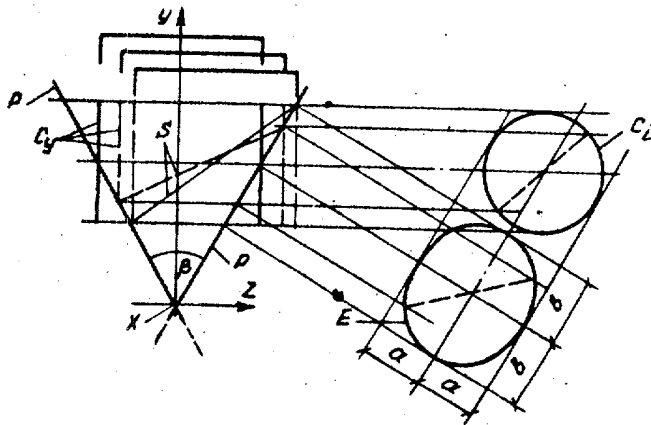
$\Phi U 2.3$



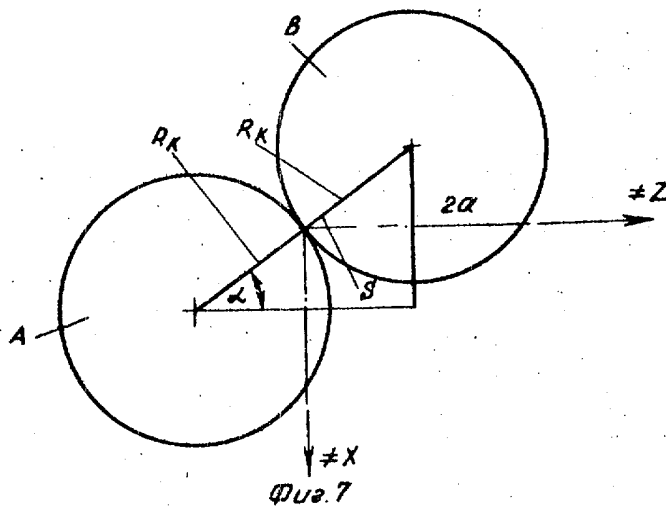
$\Phi U 2.4$



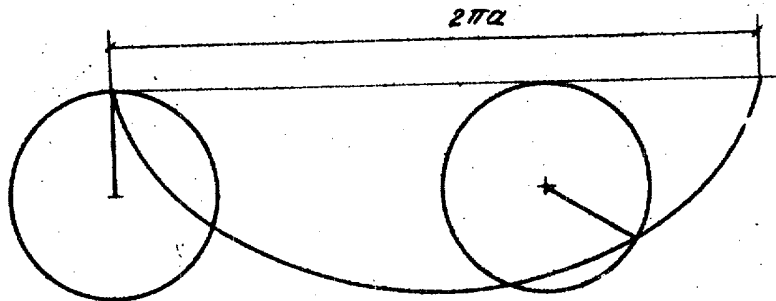
Фиг. 5



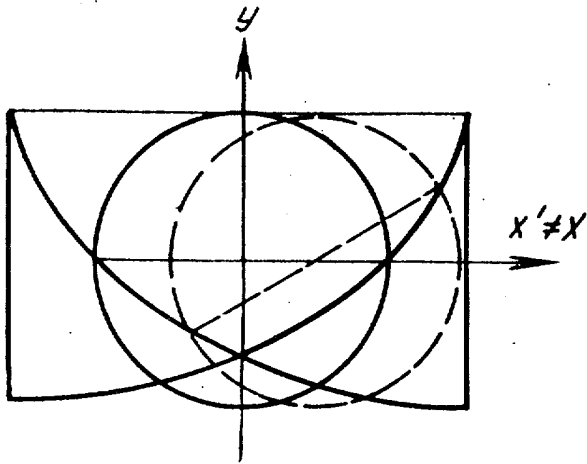
Фиг. 6



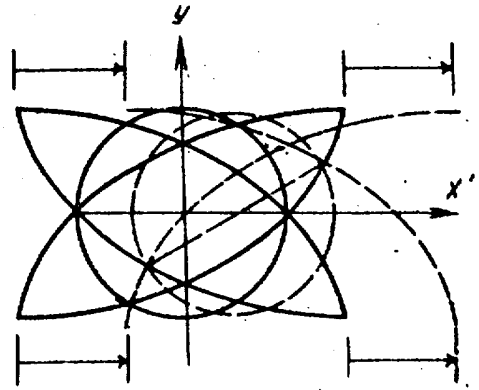
Фиг. 7



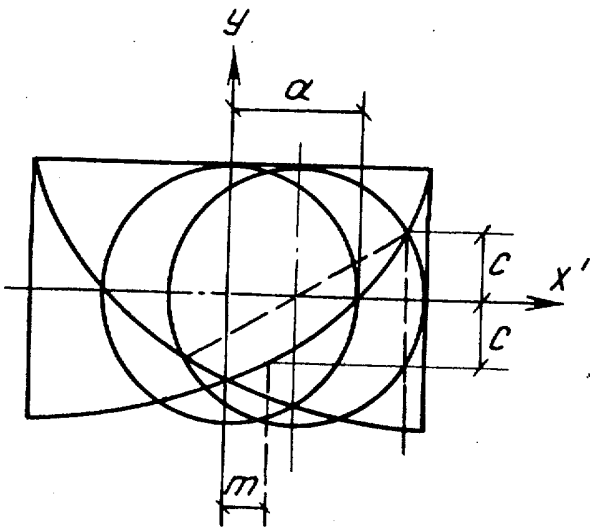
Фиг. 8



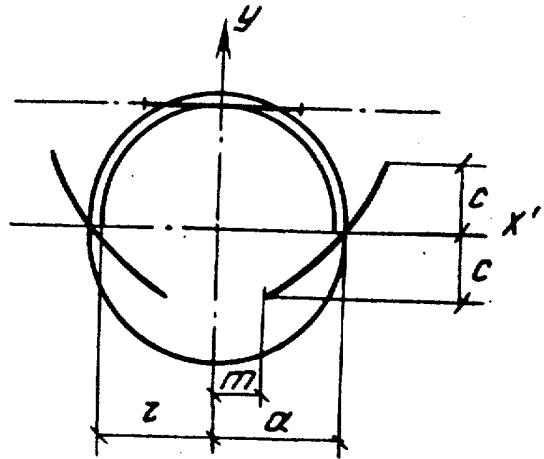
Φυε.9



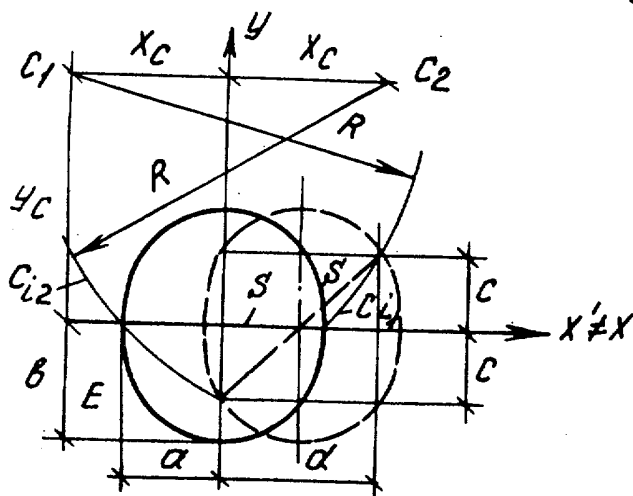
Φυε.10



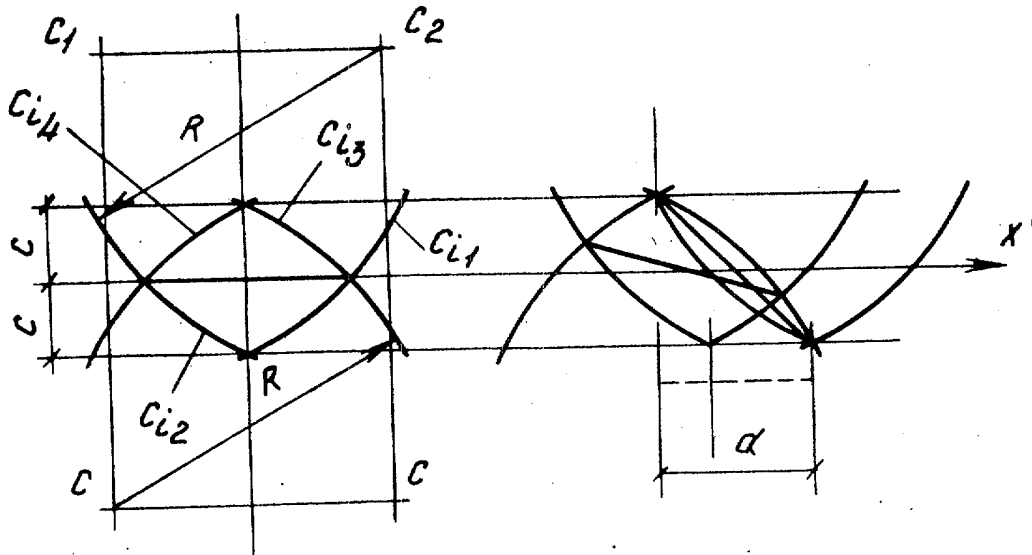
Φυε.11



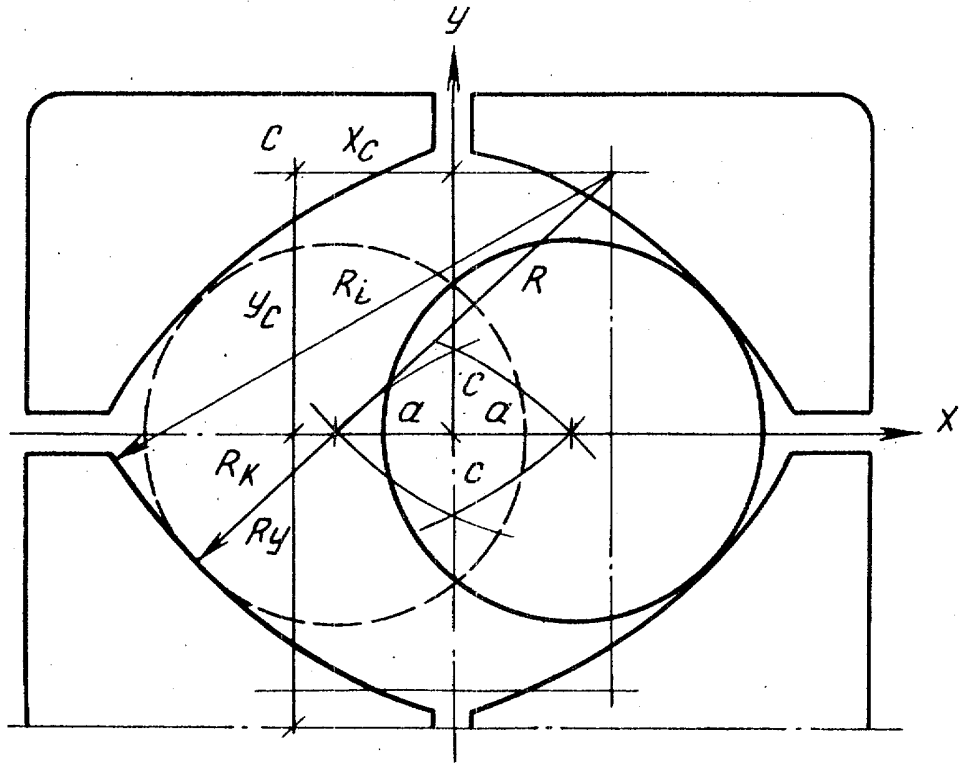
Φυε.12



Φυε.13



Фиг.14



Фиг.15

Редактор Ю. Серeda Составитель Г. Кузнецова Техред М.Надь Корректор В. Бутяга

Заказ 315/62 Тираж 880 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4