



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1737188 A1

(51)5 F 16 H 1/34, 25/06

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4816776/28
(22) 19.04.90
(46) 30.05.92. Бюл. № 20
(71) Могилевский машиностроительный институт
(72) Р.М.Игнатищев
(53) 621.833.6(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1019148, кл. F 16 H 13/08, 1982.
Авторское свидетельство СССР
№ 605926, кл. E 21 B 3/10, 1978.
(54) СИНУСНАЯ МНОГОРЯДНАЯ ПЕРЕДАЧА
(57) Использование: для изменения частот
вращения валов, машин и механизмов, размещаемых в скважинах. Сущность изобретения: передача содержит корпус-трубу с кругосинусоидными беговыми дорожками

2

на внутренней поверхности, в котором размещено водило-труба с оконными проемами под сателлиты в форме тел качения (роликов, шариков). Внутри водила расположен ведущий вал в форме стержня с жестко насаженными на него кулачками, профилями которых являются кругосинусоидальные беговые дорожки. Каждое из тел качения взаимодействует одновременно с боковой поверхностью оконного проема водила и с кругосинусоидными беговыми дорожками кулачка и корпуса. При передаточном отношении, равном 2, с каждым телом качения зацепляются два подшипника, что при сохранении простоты конструкции и устойчивом передаточном отношении обеспечивает во всех кинематических парах чистое качение. 3 з.п. ф-лы, 13 ил.

Изобретение относится к машиностроению, предназначено для снижения частот вращения валов, и может быть использовано для механизмов и машин, размещаемых в скважинах.

Известна двухрядная передача с кругосинусоидным зацеплением.

Недостатком этой передачи является сложность водила, состоящего из набора соединяемых между собой деталей. Если K — число синусошариковых рядов, то количество дисков с прорезями в них под тела качения также K , причем соединяются диски между собою втулками двух различных геометрических форм (малого и большого диаметров); суммарное количество втулок $2 \times K(K-1)$.

Наиболее близким к предлагаемой является планетарный редуктор для забойных двигателей, включающий трубообразный ведомый вал-водило с шаровыми сателлита-

ми, ведущий вал и корпус с беговыми дорожками под шаровые сателлиты, зацепление синусное, цилиндрический вариант, двухстороннее.

Недостаток известного редуктора состоит в сложной технологии изготовления — рабочие поверхности проемов в стенке водила по соображениям контактной прочности выполняют желобчатыми, образующие желобов параллельны образующим цилиндров трубы-водила; для их изготовления применяются сложные технологические операции. Сложно выполнять и синусоцилиндрические канавки под шарики, особенно на внутренних поверхностях. Кроме того, у такого редуктора низок КПД.

Цель изобретения — повышение технологичности изготовления синусной многорядной передачи и повышение КПД в отдельных вариантах ее исполнения.

(19) SU (11) 1737188 A1

Поставленная цель достигается тем, что синусная многорядная передача содержит тела качения, коаксиально расположенные корпус с беговыми дорожками на внутренней поверхности для взаимодействия с этими телами качения. Корпус охватывает трубообразное водило с проемами под тела качения. Внутри водила расположен центральный вал с беговыми дорожками для взаимодействия с телами качения.

Согласно изобретению беговые дорожки выполнены кругосинусоидными с односторонними связями с учетом условия

$$\frac{4 \cdot (R/A)}{(R/A) - 1} \leq d/A \leq 2 \cdot (R/A),$$

где A – амплитуда кругосинусоид;

R – радиус окружности кругосинусоид;

d – диаметр тел качения.

При этом возможны следующие варианты: боковые стенки проемов выполнены плоскими, а тела качения – в виде роликов; боковые стенки проемов выполнены в виде радиально ориентированных круглых цилиндров, а тела качения – в виде шариков; с целью повышения КПД передачи кругосинусоидные канавки выполнены в форме круговых цилиндров, а в каждом ряду передачи число проемов равно двум и расположены они через 180° .

На фиг.1 изображен ведущий вал; на фиг.2 – водило, общий вид; на фиг.3 – разрез А-А на фиг.2; на фиг.4 – корпус, вид снаружи; на фиг.5 – разрез Б-Б на фиг.4; на фиг.6 – кинематическая схема варианта с роликовыми сателлитами; на фиг.7 – разрез В-В на фиг.6; на фиг.8 – скользящее соединение эксцентрика и втулки-толкателя роликов; на фиг.9 – соединение эксцентрика с втулкой-толкателем через подшипник качения; на фиг.10 – кинематическая схема подшипниковой передачи; на фиг.11 – разрез Г-Г на фиг.10; на фиг.12 – картина одностороннего кругосинусоидного зацепления; на фиг.13 – крайние положения тел качения в оконном проеме водила.

Синусная многорядная передача содержит ведущий вал 1, состоящий из стержневой части (на фиг.1 позиция С) и жестко с ней соединенными одинаковыми, смещенными по углу, кулачками; профиль кулачка в поперечном сечении волнистый (волны по отношению к линии окружности), является линией, эквидистантной кругосинусоиде, расположен по отношению к последней внутренним образом, в общем случае число периодов кругосинусоиды кулачка Z_1 . Если кругосинусоида кулачка однопериодная ($Z_1 = 1$) и описывается уравнением

$$q_1 = A \cdot \sin \varphi_1 + \sqrt{R^2 - A^2} \cdot \cos^2 \varphi_1,$$

где q_1 и φ_1 – ее полярные координаты в системе, связанной с кулачком, и полюс которой совпадает с центром стержня;

A и R – постоянные величины (A – амплитуда, R – радиус окружности кругосинусоиды, фиг.12 и 13),

то профиль кулачка вырождается в окружность, смещенную относительно центра стержня на величину A , т.е. кулачок вырождается в эксцентрик на ведущем валу.

Синусная многорядная передача содержит водило 2, представляющее собой трубообразную деталь с проемами в стенке под установку в них тел качения – роликов или шариков, в случае роликов рабочие поверхности оконных проемов водила являются прямоугольниками, в случае шариков поверхности оконных проемов являются поверхностями цилиндров, образующие которых расположены перпендикулярно образующим цилиндров самой трубы; корпус 3 передачи, представляющий собой трубообразную деталь, внутренний профиль которой в поперечном сечении волнистый и является линией, эквидистантной кругосинусоиде корпуса, расположенной к ней внешним образом, число периодов корпусной кругосинусоиды Z_3 . Если корпусная кругосинусоида однопериодная ($Z_3 = 1$) и описывается уравнением

$$q_3 = A \cdot \sin \varphi_3 + \sqrt{R^2 - A^2} \cdot \cos^2 \varphi_3,$$

где q_3 и φ_3 – полярные координаты в системе $q_3 \varphi_3$, связанной с корпусом;

A и R – те же постоянные, что и для кулачка, то внутренний профиль корпуса вырождается в окружность, центр которой смещен на расстояние A от полюса полярной системы координат $q_3 \varphi_3$.

Синусная многорядная передача включает тела 4 качения, в основном варианте – ролики, но могут быть и шарики, в последнем случае по соображениям увеличения контактной прочности (по соображениям обеспечения линейных контактов), активные поверхности кругосинусоидных беговых дорожек на кулачках и на внутренних поверхностях корпусов целесообразно выполнять тороидальной формы (очерчиваемых в осевых сечениях дугами окружностей).

Ведущий вал 1 расположен внутри водила 2, а водило расположено внутри корпуса 3. Тела 4 качения расположены в оконных проемах водила и каждое из них взаимодействует одновременно с кругосинусоидными беговыми дорожками кулачка и корпуса, а

также с боковой поверхностью оконного проема водила 2 (на фиг.7 см. точки А,В,С).

В каждом ряду передачи оконные проемы у водила распределены по углу равномерно и их количество определяется из соотношения

$$t = |Z_3 \pm Z_1|$$

(первый вариант - знак "+", второй - знак "-").

Условия сборки:

$$Z_1 \cdot \varphi_{1\nu}^I + Z_3 \cdot \varphi_{1\nu}^E = t \cdot \varphi_{1\nu}^H$$

где ν - номер ряда;

$\varphi_{1\nu}^I$ - угловое смещение кулачка ν -го ряда относительно кулачка первого ряда;

$\varphi_{1\nu}^E$ - угловое смещение кругосинусоидной беговой дорожки корпуса ν -го ряда относительно кругосинусоидной беговой дорожки корпуса первого ряда;

$\varphi_{1\nu}^H$ - угловое смещение какого-либо оконного проема ν -го ряда относительно какого-либо оконного проема первого ряда.

С целью повышения износостойкости или износостойкости и КПД в вариантах $Z_1 = 1$ или $Z_3 = 1$, или $Z_1 = Z_3 = 1$ эксцентрики ведущего вала с телами 4 качения могут взаимодействовать не непосредственно, а через втулки-толкатели 5 тел 6 качения (фиг.8-11). Эксцентрикующие беговые дорожки корпуса с телами 4 качения также могут взаимодействовать через втулки 7 или через подшипники (через втулки 7 и тела 8 качения подшипников).

На фиг.12 показаны окружность 9 сопряженных кругосинусоид; кругосинусоида 10 кулачка, кругосинусоидная беговая дорожка 11 кулачка, кругосинусоида корпуса 12, корпусная кругосинусоидная беговая дорожка 13, R_s^E - внешний и R_s^I - внутренний радиусы кольца расположения кругосинусоид, A - амплитуда кругосинусоид; d - диаметр тел качения. R_H^E и R_H^I - радиусы внешнего и внутреннего цилиндров водилотрубы, соответствующие беззазорному расположению водила в зазоре между кругосинусоидными беговыми дорожками кулачка и корпуса, круговая стрелка ω_1 символизирует вращательное движение кулачка относительно корпуса.

На фиг.13-15 показаны крайние положения тела качения в оконном проеме водила; D,E,F,G - соответствующие им точки контакта с боковыми поверхностями оконного проема водила; $[R_H^E]$ - размер, меньше которого принимать радиус наружного цилиндра водила нецелесообразно (в противном случае возникает кромочный контакт тела качения с водилом); $[R_H^I]$ - размер, больше которого принимать радиус внутреннего цилиндра водила нецелесообразно

(по тем же соображениям предупреждения кромочных контактов тел качения с водилом).

Из фиг. 12 и 13 видны условия отсутствия кромочных контактов

$$R_H^I \leq [R_H^I]; R_H^E \geq [R_H^E]$$

Из фиг.12 видно также, что

$$R_H^I = R + A - 0,5 \cdot d; R_H^E = R - A + 0,5 \cdot d$$

Из фиг.13 следует, что

$$[R_H^I] = \sqrt{(R - A)^2 + (0,5 \cdot d)^2}$$

$$[R_H^E] = \sqrt{(R + A)^2 + (0,5 \cdot d)^2}$$

После алгебраических преобразований получаем

$$\frac{d}{A} \geq \frac{4 \cdot (R/A)}{(R/A) + 1}$$

$$\frac{d}{A} \geq \frac{4 \cdot (R/A)}{(R/A) - 1}$$

и видим, что если соблюдено второе условие, то первое тем более соблюдено, т.е. минимально допустимые значения для диаметров тел качения определяются выражением

$$(d/A) = \frac{4 \cdot (R/A)}{(R/A) - 1}$$

Рассмотрим вопрос о правой границе допускаемых значений диаметров тел качения.

В синусных передачах нельзя допустить явления заострения вершин активных поверхностей синусоидальных канавок, так как при односторонних зацеплениях оно приводит к ударным явлениям. При одних и тех же A и R , но различных Z явление заострения вершин наступает при тем больших d , чем меньше Z , т.е. чтобы установить правую границу допускаемых значений для d , следует рассматривать случай $Z = 1$, причем случай, когда кругосинусоида вырождается в окружность (в эксцентрик). У окружности заострения вершин не будет при любых значениях d , при которых эксцентрик существует, а условие существования эксцентрика

$$0,5 \cdot d < R$$

Итак, интервал возможных значений диаметров тел качения, выраженных в долях амплитуды кругосинусоид, для всех возможных вариантов исполнения заявленной передачи определяется из условия

$$\frac{4 \cdot (R/A)}{(R/A) - 1} \leq d/A \leq 2 \cdot (R/A)$$

Многорядная синусная передача работает следующим образом.

При вращении ведущего вала каждый из кулачков приводит в движение почти половину взаимодействующих с ним тел качения

(на фиг.7 см. точки контакта A_1, A_2 и A_3). Эти находящиеся в активной фазе зацепления тела качения перемещаются в направлении от центра вращения кулачка, взаимодействуют с кругосинусоидными беговыми дорожками корпуса (на фиг.7 см. C_1, C_2 и C_3) и перемещаются, поэтому вдоль этих дорожек, надвигаясь на находящиеся на их пути боковые поверхности оконных проемов водила (на фиг.7 см. B_1, B_2 и B_3), приводят водило во вращение.

В тот же момент времени остальные тела качения передаточного ряда совершают холостые пробеги, водило, приведенное во вращение силами в точках B_1, B_2 и B_3 , действует (в точках B_4-B_8) противоположными сторонами боковых поверхностей оконных проемов на "отдыхающие" тела качения и переносит их в направлении к активным участкам зацепления. В момент времени, которому соответствует фиг.7, тело качения (ABC)₄ только что покинуло активную часть зацепления, тело качения (ABC)₈ занимает исходную к активному участку зацепления позицию.

Передаточное отношение многорядной синусной передачи определяется из выражения

$$\vec{\omega}_2 = \vec{\omega}_1 \cdot \frac{Z_1}{Z_1 \pm Z_3}$$

где знак "+" соответствует случаю $t = Z_3 + Z_1$; знак "-" соответствует случаю $t = |Z_3 - Z_1|$.

В случае подшипниковой передачи с жесткими кинематическими связями (см. фиг.10 и 11):

$$t = Z_3 + Z_1 = 1 + 1 = 2;$$

$$\vec{\omega}_2 = 0,5 \cdot \vec{\omega}_1$$

Формула изобретения

1. Синусная многорядная передача, содержащая тела качения, коаксиально расположенные корпус с беговыми дорожками на внутренней поверхности для взаимодействия с телами качения, охваченное корпусом трубообразное водило с проемами под тела качения и центральный вал с беговыми дорожками для взаимодействия с телами качения, отличающаяся тем, что, с целью повышения технологичности изготовления передачи, беговые дорожки выполнены кругосинусоидными с односторонними связями с учетом условия

$$4 R/A / (R/A - 1) \leq d/A < 2R/A,$$

где A – амплитуда кругосинусоид;

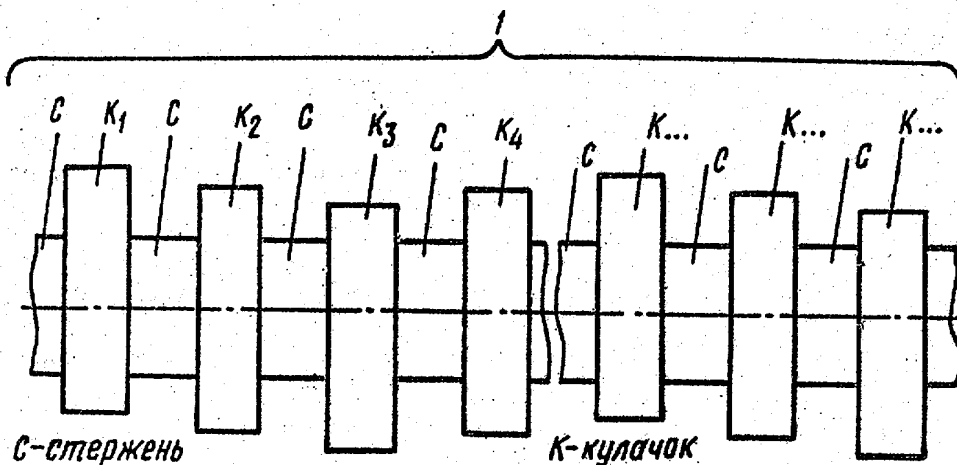
R – радиус окружности кругосинусоид;

d – диаметр тел качения.

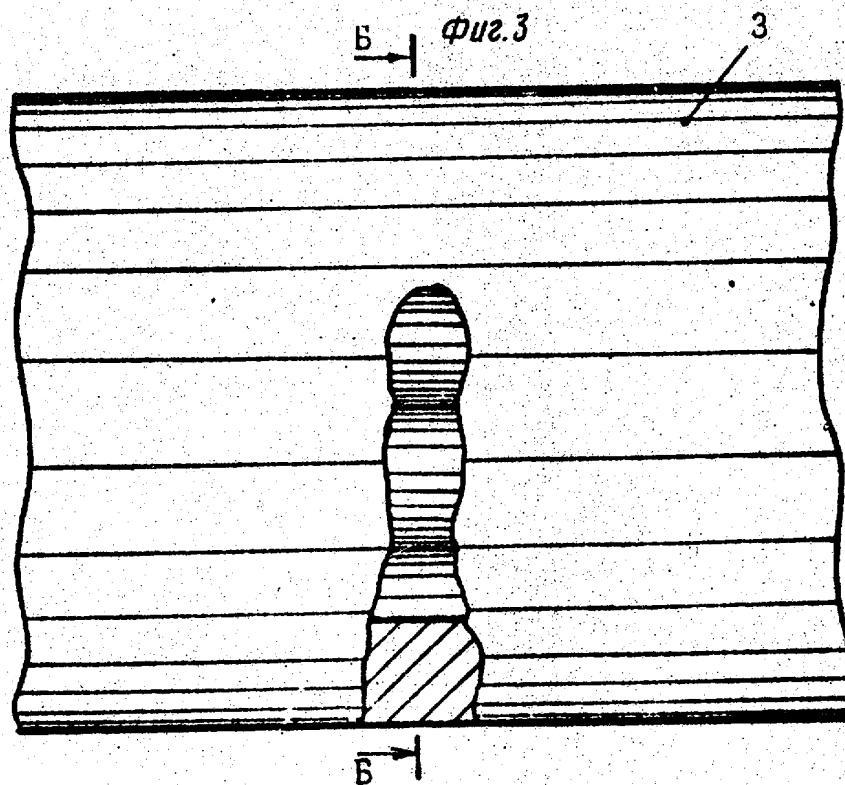
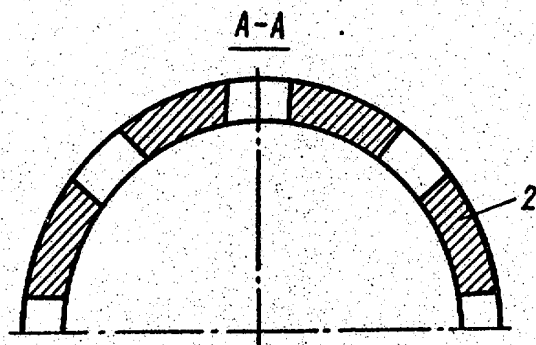
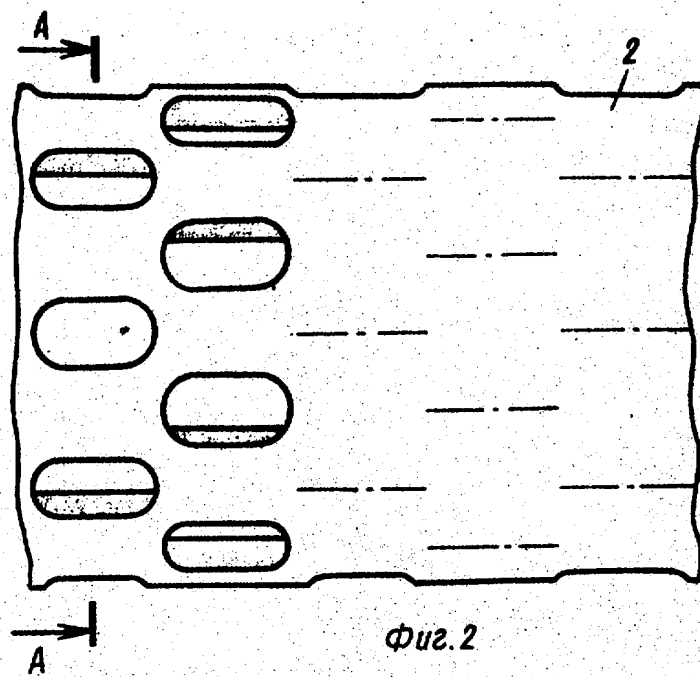
2. Передача по п.1, отличающаяся тем, что боковые стенки проемов выполнены плоскими, а тела качения – в виде роликов.

3. Передача по п.1, отличающаяся тем, что боковые стенки проемов выполнены в виде радиально ориентированных круглых цилиндров, а тела качения – в виде шариков.

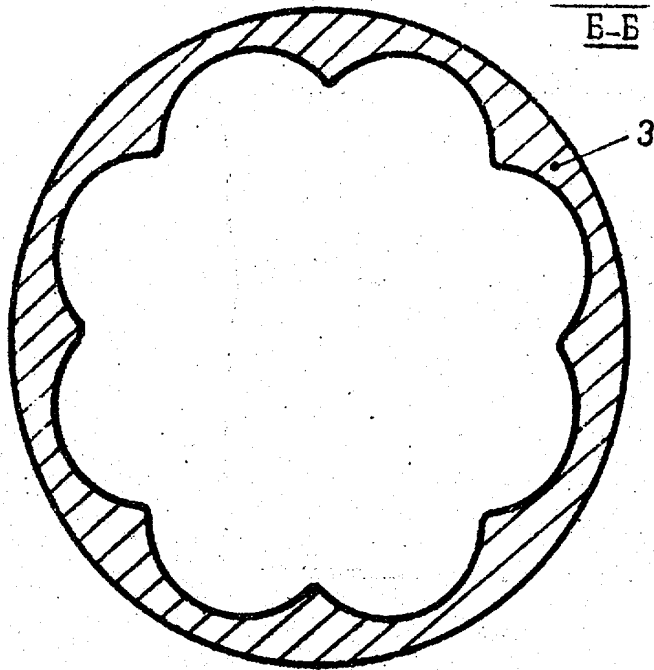
4. Передача по пп. 1–3, отличающаяся тем, что, с целью повышения КПД передачи, кругосинусоидные беговые дорожки выполнены в форме круговых цилиндров, а в каждом ряду передач число проемов равно двум и расположены они через 180° .



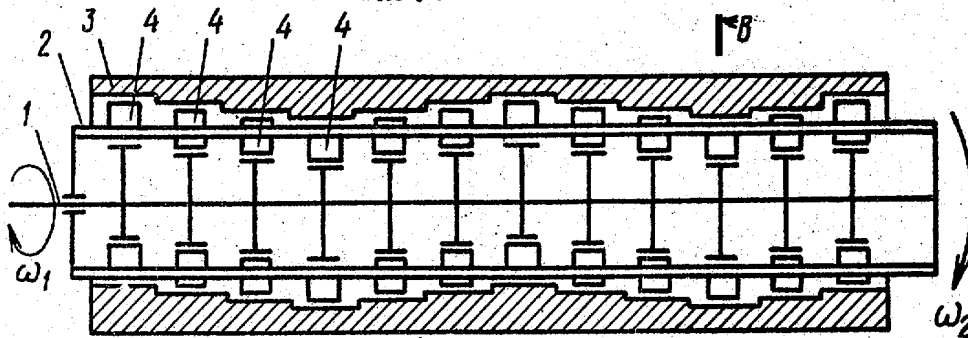
Фиг.1



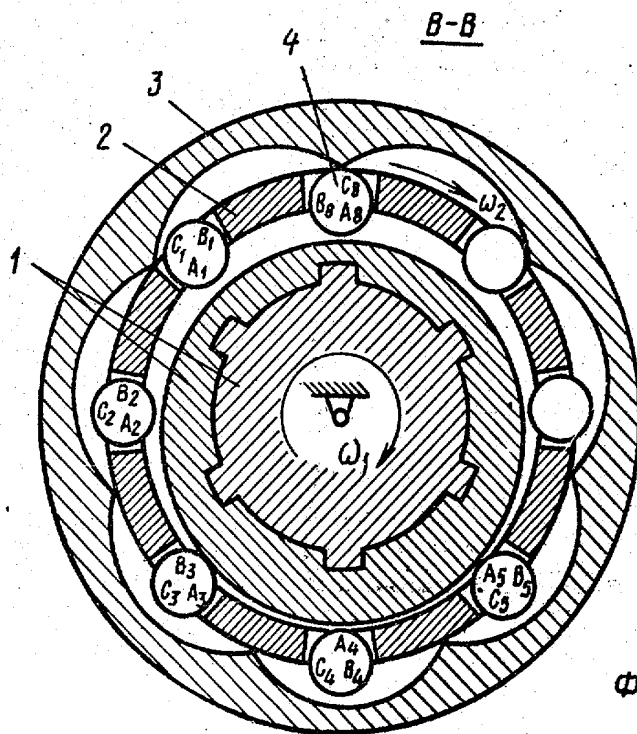
Фиг. 4



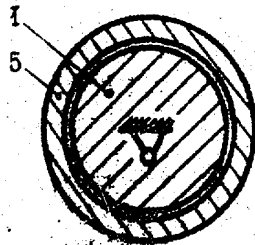
Фиг. 5



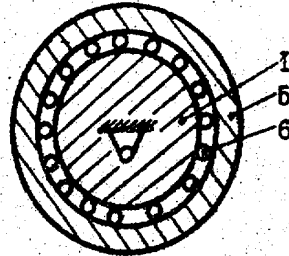
Фиг. 6



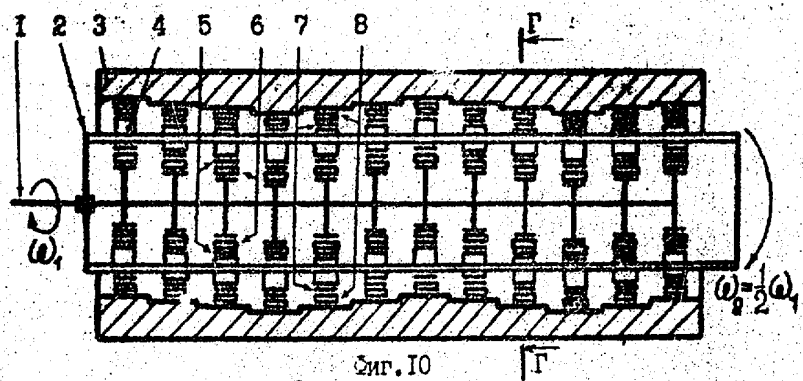
Фиг. 7



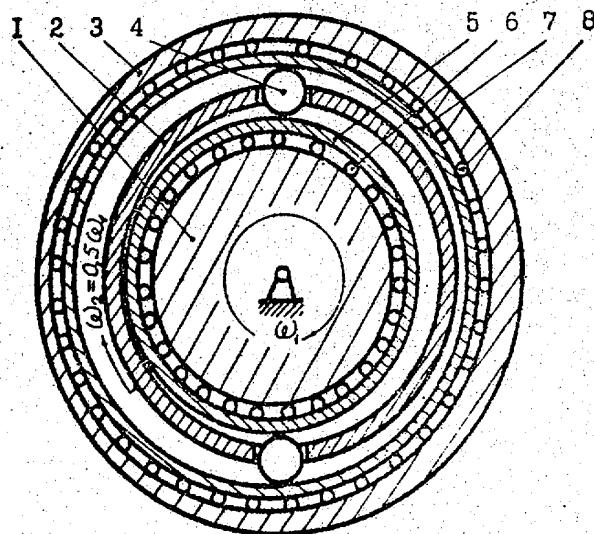
Фиг. 8



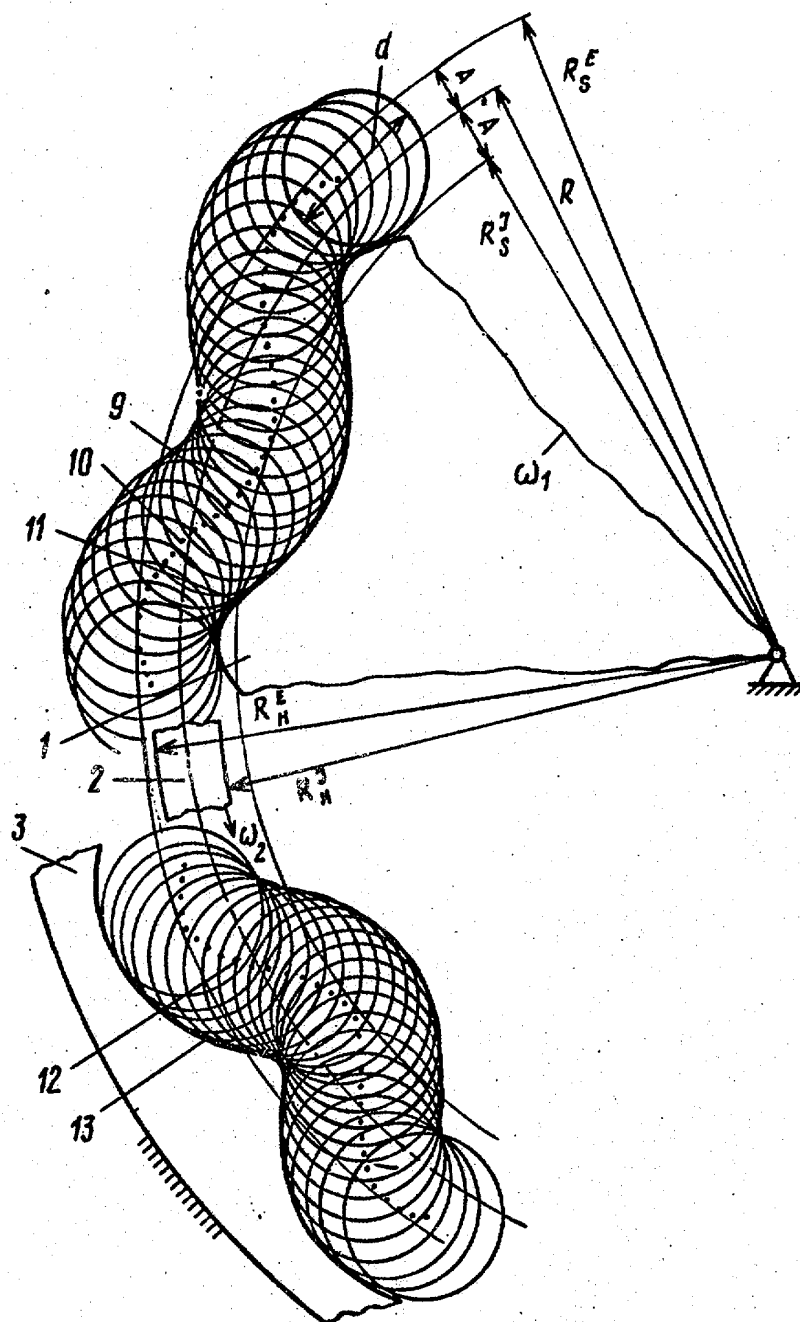
Фиг. 9



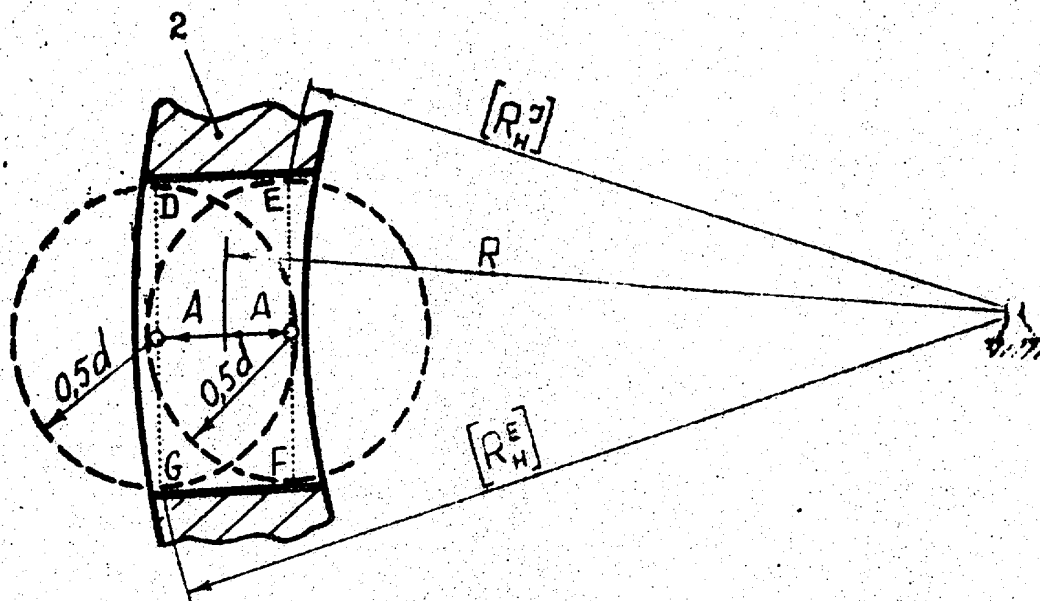
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13

Редактор Е. Копча

Составитель Р. Игнатищев
Техред М. Моргентал

Корректор В. Гирняк

Заказ 1879

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101