



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F02B 55/02 (2021.05); F01C 1/352 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020142897, 24.12.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.12.2020

Дата регистрации:
30.08.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 24.12.2020

(45) Опубликовано: 30.08.2021 Бюл. № 25

Адрес для переписки:
105215, Москва, а/я 26, Рыбина Н. А.

(72) Автор(ы):
ЗАЙЦЕВ Андрей Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
ЗАЙЦЕВ Андрей Алексеевич (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2673318 C9, 23.11.2018. RU
2387844 C2, 27.04.2010. DE 1551129 A1,
15.01.1970. DE 4226629 A1, 17.02.1994.

(54) РОТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

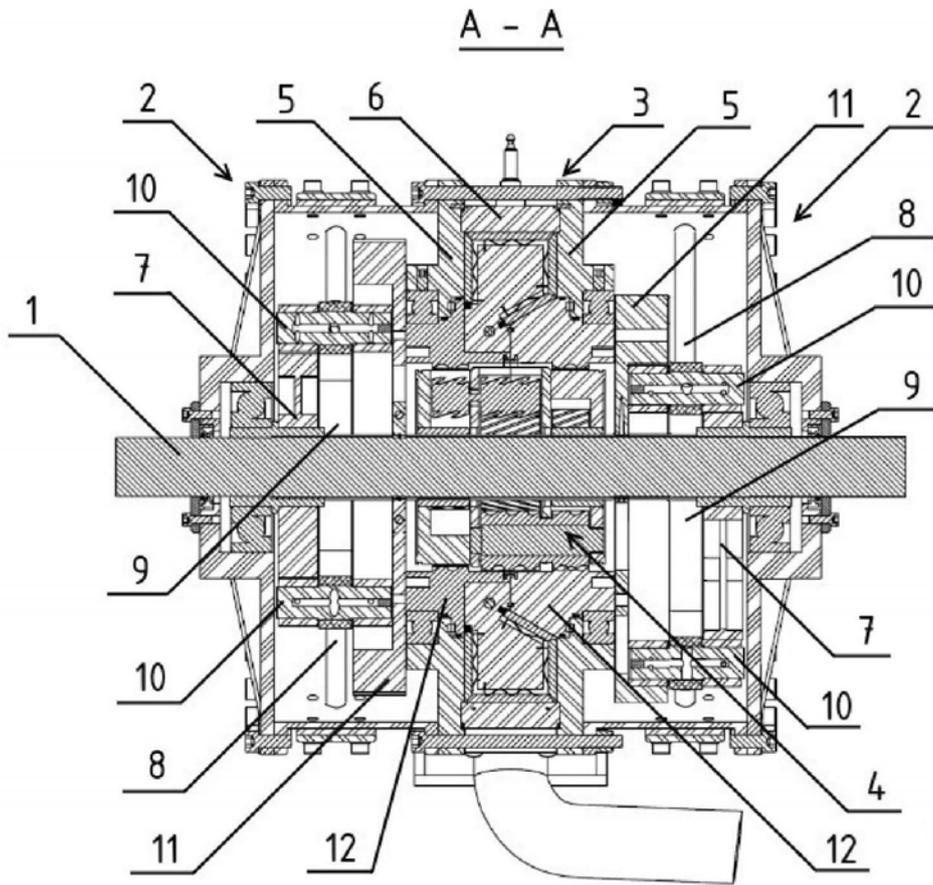
(57) Реферат:

Изобретение относится к двигателестроению. Роторный двигатель внутреннего сгорания (ДВС) состоит из симметричного дифференциального редуктора, общего вала, стенок тороида, двух роторов с лопастями, между которыми образуются четыре рабочие камеры, двух блоков кулачковых передач, каждая из которых содержит кулачек с внутренней рабочей поверхностью, установленный на роторе соосно общему валу, кулачек с наружной рабочей поверхностью, установленный соосно на общем валу, ползун с пальцами, установленный на направляющих, закрепленных на корпусе блока кулачковой передачи, при этом профиль кулачков с внутренней рабочей поверхностью описывается зависимостью полярного радиуса от полярного угла и представляет собой эквидистанту, отстоящую на величину радиуса пальца наружу от производной первого порядка базовой замкнутой кривой, а профиль кулачков с наружной рабочей поверхностью описывается

зависимостью полярного радиуса от полярного угла и представляет собой эквидистанту, отстоящую на величину радиуса пальца внутрь от производной второго порядка от базовой замкнутой кривой. Также ДВС оснащен устройством динамического регулирования степени наполнения рабочей камеры тороида воздухом или топливовоздушной смесью с соответствующим изменением степени сжатия с применением подвижной заслонки для регулирования формы сечения впускного окна. Технический результат заключается в повышении КПД путем увеличения эффективности преобразования энергии расширяющихся газов во вращательное движение выходного вала двигателя, повышение надежности за счет плавного и двухпоточного преобразования движения лопастей с помощью применения комбинированного дифференциально-кулачкового механизма. 17 ил.

RU
2 7 5 4 1 8 4
C 1

RU
2 7 5 4 1 8 4
C 1



Фиг. 2

RU 2754184 C1

RU 2754184 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F02B 55/02 (2021.05); F01C 1/352 (2021.05)

(21)(22) Application: **2020142897, 24.12.2020**

(24) Effective date for property rights:
24.12.2020

Registration date:
30.08.2021

Priority:

(22) Date of filing: **24.12.2020**

(45) Date of publication: **30.08.2021 Bull. № 25**

Mail address:

105215, Moskva, a/ya 26, Rybina N. A.

(72) Inventor(s):

ZAJTSEV Andrej Alekseevich (RU)

(73) Proprietor(s):

ZAJTSEV Andrej Alekseevich (RU)

(54) **ROTARY INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

(57) Abstract:

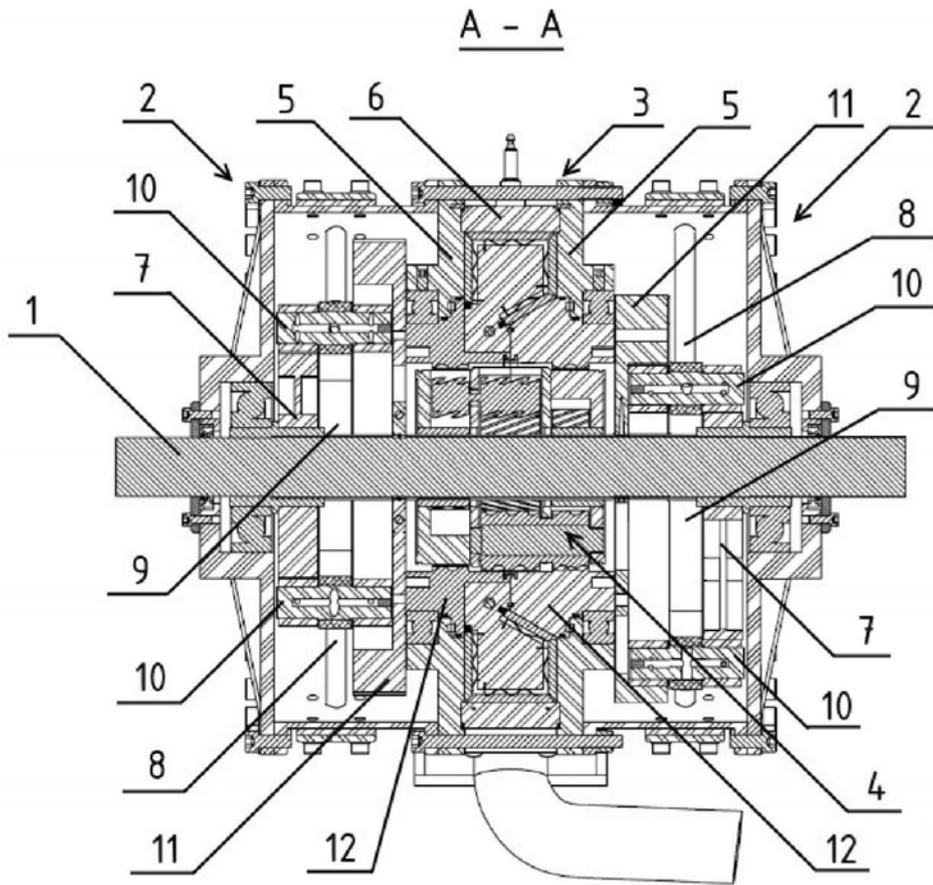
FIELD: engine construction.

SUBSTANCE: invention relates to engine construction. A rotary internal combustion engine (ICE) consists of a symmetrical differential gearbox, a common shaft, toroid walls, two rotors with blades, between which four working chambers are formed, two cam gear units, each of which contains a cam with an internal working surface mounted on the rotor coaxially to the common shaft, a cam with an external working surface mounted coaxially on the common shaft, a slider with fingers mounted on guides mounted on the housing of the cam gear unit, in this case, the profile of cams with an internal working surface is described by the dependence of the polar radius on the polar angle and is an equidistant, spaced by the value of the finger radius outward from the first-order derivative of the base closed curve, and the profile of cams with an external

working surface is described by the dependence of the polar radius on the polar angle and is an equidistant, spaced by the value of the finger radius inward from the second-order derivative of the base closed curve. The internal combustion engine is also equipped with a device for dynamically regulating the degree of filling of the working chamber of the toroid with air or fuel-air mixture with a corresponding change in the compression ratio using a movable flap to regulate the shape of the intake window section.

EFFECT: increasing the efficiency of converting the energy of expanding gases into the rotational movement of the output shaft of the engine, increasing the reliability due to the smooth and two-flow conversion of the movement of the blades using a combined differential cam mechanism.

1 cl, 17 dwg



Фиг. 2

RU 2754184 C1

RU 2754184 C1

Изобретение относится к машиностроению, в частности к роторным двигателям внутреннего сгорания.

Известен роторный двигатель внутреннего сгорания, RU 2651106, F01C 1/067 (2006.01), в котором для преобразования энергии расширяющихся газов во вращательное движение выходного вала использованы рычажно-кулачковые устройства преобразования колебательного движения роторов с ромбическим шарнирным четырехзвенником, пальцы которого взаимодействуют с кулачком и направляющими.

Недостатком этого двигателя является низкая эффективность преобразования энергии расширяющихся газов в энергию вращательного движения выходного вала ввиду того, что максимум переменного передаточного отношения его механизма преобразования возникает значительно позже момента возникновения в камере сгорания максимального давления расширяющихся газов, следствием чего является возникновение больших паразитных нагрузок на механизм.

Известен роторный двигатель, US 6739307, F02B 53/00, в котором для преобразования энергии расширяющихся газов во вращательное движение выходного вала использован планетарно-кривошипный механизм.

Недостатком этого двигателя является недостаточная надежность работающих под большой нагрузкой шестеренчатых передач с наружным зубчатым зацеплением, а также наличие больших вибрационных нагрузок на механизм в моменты возникновения колебаний со знакопеременными скоростями останавливающихся в процессе работы двигателя роторов.

Кроме того, известен роторно-лопастной двигатель внутреннего сгорания, RU 2225513, F01C 1/077 (2000.01), в котором для преобразования энергии расширяющихся газов во вращательное движение выходного вала использован сдвоенный мальтийский механизм и дифференциал, преобразующий вращательно-прерывистое движение рабочих валов во вращение выходного вала двигателя с постоянной угловой скоростью.

Недостатком данного устройства является отсутствие плавности преобразования движения роторов и большие ударные нагрузки в моменты остановки мальтийского креста.

Целью изобретения и техническим результатом представляемого технического решения является повышение КПД путем увеличения эффективности преобразования энергии расширяющихся газов во вращательное движение выходного вала двигателя, повышение надежности за счет плавного и двухпоточного преобразования движения лопастей с помощью применения комбинированного дифференциально-кулачкового механизма.

Указанная цель достигается тем, что в двигателе, который содержит симметричный дифференциальный редуктор, два блока кулачковых передач, общий вал, стенки тороида и два ротора с лопастями, между которыми образуются четыре рабочие камеры, при возникновении рабочего давления от горения топлива происходит плавное и эффективное преобразование энергии расширяющихся газов во вращательное движение выходного вала двигателя с наименьшими паразитными потерями вследствие достигаемой расчетным методом максимальной оптимизации момента возникновения и длительности сохранения максимума переменного передаточного отношения механизма преобразования по отношению к моменту возникновения в камере сгорания максимального давления расширяющихся газов за счет оптимальной геометрии рабочих поверхностей кулачковых передач и при этом надежность повышается за счет двухпоточной передачи энергии вращения через кулачковые и дифференциальный механизмы.

Предпочтительно компоновка двигателя выполнена с размещением тороида с роторами на внешнем радиусе редуктора, что позволяет при более компактном исполнении двигателя более эффективно снимать теплоизбытки с внутренней части роторов с одновременным достижением более высоких показателей крутящего момента двигателя в связи большим плечом вращения лопастей в тороиде.

Предпочтительно форма тороида и лопастей выполнена с пятиугольным сечением, что предопределяет относительные простоту и дешевизну изготовления стенок тороида из цилиндрического и плоских элементов, а крепление лопасти на наклонной поверхности усеченного конуса ротора позволяет более равномерно воспринимать лопастью давление рабочих газов с уменьшением возможности появления критических деформаций.

Предпочтительно двигатель исполняется с устройством динамического регулирования степени наполнения рабочей камеры тороида воздухом (топливовоздушной смесью) с соответствующим изменением степени сжатия с применением сдвижной заслонки регулирования формы сечения впускного окна.

Сущность изобретения поясняется чертежами, на которых изображено:

на фигуре 1 изображен общий (изометрический) вид двигателя;

на фигуре 2 - разрез А-А на фигуре 1

на фигуре 3 - общий (изометрический) вид двигателя без стенок корпуса кулачковой передачи;

на фигуре 4 - изометрический вид двигателя без кулачковой передачи, боковой стенки тороида и опор двигателя;

на фигуре 5 - изометрический вид двигателя без кулачковой передачи, боковой стенки тороида, опор двигателя и роторов с лопастями;

на фигуре 6 - иллюстрация регулировки степени сжатия;

на фигуре 7 - фрагмент сечения двигателя в области лопасти;

на фигуре 8 - простейшая базовая кривая;

на фигуре 9 - мультиплицированная простейшая базовая кривая;

на фигуре 10 - иллюстрация эффективности преобразования энергии при моделировании на базе мультиплицированной простейшей базовой кривой;

на фигуре 11 - иллюстрация повышения эффективности преобразования энергии при расширении периода действия максимального коэффициента передачи;

на фигуре 12 - базовая кривая для моделирования механизма преобразования;

на фигуре 13 - производная кривая первого порядка;

на фигуре 14 - производная кривая второго порядка;

на фигуре 15 и 16 - базовое расположение деталей механизма с обеих сторон двигателя;

на фигуре 17 - схематическое отображение состояния равных скоростей лопастей двигателя на базе графика изменения угловой скорости в виде базовой кривой.

Поясняющие изобретения и чертежи не охватывают, а тем более не ограничивают весь объем притязаний данного технического решения, а являются лишь иллюстрирующими материалами частного случая его выполнения.

Предлагаемый двигатель (Фиг. 1) содержит общий вал 1, два блока кулачковых передач 2 и тороидальный блок 3.

Установленный соосно внутри тороидального блока 3 на общем валу 1 симметричный дифференциальный редуктор 4 (Фиг. 2) является вместе с двумя блоками кулачковых передач 2 составной частью механизма преобразования движения колебательного движения роторов в равномерное вращение общего вала.

Тороидальный блок включает в себя две стенки тороида с плоскими рабочими поверхностями 5 и одну стенку тороида с цилиндрической рабочей поверхностью 6.

Внутри корпуса каждого из блоков кулачковых передач на общем валу 2 жестко закреплено по одному кулачку с наружной рабочей поверхностью 7 (Фиг. 2). В корпусе закреплены направляющие 8, по которым свободно перемещаются ползуны 9 с пальцами 10, на которых могут быть установлены ролики.

Два кулачка с внутренней рабочей поверхностью 11, установлены каждый на своем роторе 12, на каждом из которых установлено по две лопасти 13 (Фиг. 4), разнесенных на 180 градусов.

Роторы 12 выполнены заодно с эпициклическими шестернями симметричного дифференциального редуктора 4, который своим водилом 14 концентрично и жестко установлен на общем валу (Фиг. 5).

В приливе стенки тороида с цилиндрической рабочей поверхностью 6 на противоположной стороне тороида от впускного 15 и выпускного 16 окон в требуемой позиции, рассчитываемой для обеспечения необходимого момента впрыска/зажигания (в зависимости от исполнения двигателя по типу используемого топлива), устанавливается форсунка/свеча зажигания 17. При исполнении двигателя с системой принудительного поджига топлива, дополнительно в приливе стенки тороида между впускным окном и свечой зажигания может устанавливаться форсунка впрыска топлива 18.

При исполнении двигателя с применением системы жидкостного охлаждения, он может оснащаться рубашкой охлаждения стенок тороида 19.

Для регулирования степени наполнения рабочей камеры тороида воздухом (топливовоздушной смесью) и, соответственно, степени сжатия, впускное окно двигателя может оснащаться сдвижной заслонкой 20 с приводным механизмом 21. Площадь сечения впускного окна, его угловая протяженность в стенке тороида и, соответственно, размеры заслонки рассчитываются исходя из необходимых условий обеспечения работы двигателя с разной степенью регулирования форсировки. Приводной механизм заслонки рассчитывается исходя из необходимых условий обеспечения требуемой амплитуды и динамики изменения сечения впускного окна.

Схематично изменение угловой величины сегмента тороида, объем которого характеризует количество сжимаемого воздуха (топливовоздушной смеси), вследствие изменения формы сечения впускного окна путем сдвига заслонки в крайние положения представлена на Фиг. 6. Промежуточные положения заслонки также могут использоваться для динамичной регулировки степени форсировки двигателя.

Форма тороида и лопастей, выполненная с пятиугольным сечением, позволяет более равномерно воспринимать лопастью давление рабочих газов с уменьшением возможности появления критических деформаций, так как при этом можно добиться условия, когда срединный перпендикуляр от заземленного основания лопасти будет делить на равные части площадь, на которую воздействует давление рабочих газов (Фиг. 7).

Достижение цели данного изобретения обеспечивается за счет повышения эффективности преобразования энергии давления газов путем оптимизации времени возникновения и увеличения длительности действия максимальной величины коэффициента преобразования энергии в течение рабочего цикла двигателя при обеспечении плавности и надежности работы механизма.

Обеспечение плавности работы механизма основывается на использовании в основе создания кулачковых передач зависимости, представленной в виде простейшей базовой

замкнутой кривой (Фиг. 8), описываемой зависимостью полярного радиуса от полярного угла с условием обеспечения наиболее плавного изменения полярного радиуса и условием, при котором касательная к базовой кривой в точке максимального полярного радиуса совпадает с касательной к окружности, описанной тем же полярным радиусом, а касательная к базовой кривой в точке минимального полярного радиуса совпадает с самим минимальным полярным радиусом.

Уравнение таковой кривой описывается формулой:

$$\rho(\alpha) = \rho(\alpha)_{min} + \sqrt{\left(1 - \frac{(\alpha_{max} - \alpha)^2}{(\Delta\alpha)^2}\right) \times \Delta\rho^2(\alpha)}, [1]$$

где $\rho(\alpha)$ - полярный радиус;

$\rho(\alpha)_{min}$ - задаваемая величина минимального полярного радиуса;

$\Delta\rho(\alpha)$ - задаваемый диапазон изменения величин полярного радиуса;

$\alpha = 0 \dots 360$ - полярный угол;

α_{max} - задаваемая величина полярного угла для полярного радиуса максимальным значением;

$\Delta\alpha$ - задаваемый диапазон изменения полярного угла, при котором полярный радиус однократно изменяется в пределах между минимальным и максимальным значением.

Простейшая базовая замкнутая кривая также может служить для отражения зависимости изменения угловой скорости ω ротора от угла его поворота относительно исходного положения.

В предложенном конструктивном исполнении двигателя механизм для преобразования движения выполнен с обеспечением возможности за один оборот общего вала осуществления двукратной попеременной блокировки каждого из роторов, с обеспечением стабильного положения останавливаемых при этом элементов относительно корпуса механизма, при одновременном продолжении вращения второго ротора. За один полный оборот общего вала происходит по одному полному обороту каждого из роторов.

Выполнение указанного алгоритма обуславливается формой эквидистант, определяющих профили кулачков.

Для получения эквидистант, определяющих профиль кулачков с обеспечением возможности за один оборот общего вала осуществления двукратной попеременной остановки каждого из роторов, простейшую базовую кривую необходимо мультиплицировать (Фиг. 9).

При использовании в дальнейших расчетах мультиплицированной таким образом формы простейшей базовой замкнутой кривой, создаваемый механизм преобразования движения обеспечит возможность осуществления за один оборот общего вала двукратной попеременной остановки каждого из роторов. При этом остановленный ротор не будет задерживаться в положении, при котором его угловая скорость W равна нулю, а сразу после остановки начнёт новый разгон.

При этом максимум коэффициента преобразования энергии K будет достигаться в середине времени течения цикла преобразования T , соответствующего времени течения такта расширения газов в камере сгорания (Фиг. 10), когда скорость вращения одного из роторов W_1 максимальна, а скорость второго W_2 - минимальна. Схожей динамикой изменения коэффициента преобразования энергии K с одномоментным и расположенным в середине (очень близко к середине) времени течения цикла преобразования T

максимумом обладают механизмы преобразования сконструированные на базе кривошипно-шатунной (традиционные поршневые двигатели), эксцентриковой (роторные двигатели по типу Ванкеля), а также ранее упомянутой рычажно-кулачковой (роторный двигатель по патенту RU 2651106) схем преобразования колебательного движения поршней в равномерное вращение выходного вала. В связи с этим, сила давления газов на поршень P , максимум которой возникает близко к началу времени течения цикла T и интенсивно уменьшается ближе к середине этого цикла, преобразуется в крутящий момент на валу двигателя M неэффективно

Эффективность преобразования энергии будет выше, если оптимизировать во времени течения цикла преобразования T момент возникновения и продолжительность времени действия максимальной величины коэффициента преобразования энергии K (сегмент B). Для этого необходимо сместить период действия повышенных значений коэффициента преобразования энергии K ближе к периоду действия высоких показателей давления P в камере сгорания сократив периоды разгона и замедления роторов и увеличив время их блокировки (сегменты A и C) (Фиг. 11).

Для получения эквидистант, определяющих профиль кулачков обеспечивающих возможность попеременной остановки каждого из роторов на требуемый период времени, в состав базовой замкнутой кривой необходимо включать соответствующие отрезки с постоянным полярным радиусом, разбивающие базовую кривую в местах ее выхода на максимальный полярный радиус (Фиг. 12).

Длина отрезков кривой с постоянным максимальным полярным радиусом в секторах B характеризует длительность действия максимальной величины коэффициента преобразования энергии в течение рабочего цикла и может корректироваться для оптимизации интенсивности разгона-замедления роторов относительно характеристик изменения давления в камере сгорания двигателя с целью минимизации паразитных нагрузок на механизм.

Условием применимости к механизму для преобразования движения с симметричным дифференциальным редуктором является соблюдение требования по симметричности одноименных участков кривой относительно центра круга, а также участков A с участками C относительно линии минимального полярного радиуса.

С использованием алгоритма получения базовой замкнутой кривой создаются ее производные, необходимые для конструирования профилей кулачков, представляющих собой эквидистанты, отстоящие от соответствующих кривых на величину радиуса пальцев либо роликов, установленных на этих пальцах.

Эквидистанта, определяющая профиль кулачков с внутренней рабочей поверхностью, образована производной первого порядка от базовой замкнутой кривой, а эквидистанта, определяющая профиль кулачков с наружной рабочей поверхностью, образована производной второго порядка от базовой замкнутой кривой.

Для получения профиля кулачка с внутренней рабочей поверхностью, необходимо построить производную первого порядка от базовой замкнутой кривой (Фиг. 13). При этом секторы A_1 , B_1 и C_1 строятся аналогично участкам A , B и C в составе исходной базовой замкнутой кривой, а участки A'_1 и C'_1 рассчитываются по условию уменьшения величин полярного радиуса в этих секторах симметрично увеличению величин полярного радиуса в секторах A_1 и C_1 относительно центра круга. Кривая участка B'_1 имеет постоянную величину полярного радиуса и соединяет концы кривых на участках A'_1 и C'_1 .

При этом в состав производной первого порядка от базовой замкнутой кривой

вводятся участки D_1 и E_1 равной длины, которые разрывают участки A_1 и C'_1 , а также A'_1 и C_1 для создания рабочей поверхности кулачков с целью обеспечения перемещения пальца (ролика) по рабочей поверхности кулачка в момент блокировки ротора для перераспределения нагрузки, в течение времени этой блокировки, по рабочей поверхности кулачка и устранения возможного эффекта наклёпа. Участки D_1 и E_1 должны пролегать вдоль полярных радиусов и соединять собой концы участков A_1 и C'_1 , а также A'_1 и C_1 .

При этом должны соблюдаться условия равенства угловых длин участков:

$$A_1 = A'_1, B_1 = B'_1 \text{ и } C_1 = C'_1.$$

Для получения профиля кулачка с наружной рабочей поверхностью необходимо построить производную второго порядка (Фиг. 14) от базовой замкнутой кривой.

Для введенных в состав производной первого порядка от базовой замкнутой кривой отрезков D_1 и E_1 на производной второго порядка необходимо выделять участки D'_2 и E'_2 с угловой протяженностью, соответствующей требуемой относительной длительности блокировки интегрируемых потоков мощности.

Величины угловой протяженности участков D'_2 и E'_2 должны быть равны угловым протяженностям участков B''_2 и B'''_2 , являющихся производными от участков B_1 и B'_1 на кривой производной первого порядка:

$$B''_2 = B'''_2 = D'_2 = E'_2.$$

При этом принимаем во внимание, что для работоспособности механизма, включая совместимость со свойствами симметричного дифференциального редуктора, угловые протяженности участков с переменным полярным радиусом на кривой производной первого порядка задают такие же величины угловых протяженностей соответствующим производным этих участков на кривой производной второго порядка.

Величины минимальных и максимальных полярных радиусов в начальных и конечных точках участков второй производной базовой кривой должны быть равны соответствующим величинам полярных радиусов в начальных и конечных точках на соответствующих участках первой производной базовой кривой.

Для расчета кривой второй производной в дальнейших вычислениях все участки кроме B''_2 и B'''_2 разбиваются по среднему полярному углу α_{mid} на две части $\alpha_{min} - \alpha_{mid}$ и $\alpha_{mid} - \alpha_{max}$ с равной угловой протяженностью, где

$$\alpha_{mid} = \frac{|\alpha_{max} - \alpha_{min}|}{2}.$$

Для участков A''_2 и C''_2 формула расчета кривой примет вид на частях в пределах между α_{min} и α_{mid} :

$$\rho''(\alpha) = \rho(\alpha)_{max} - \sqrt{\left(1 - \frac{(\alpha_{min} - \alpha)^2 \times 3}{(\Delta\alpha)^2}\right) \times \Delta\rho^2(\alpha)}, [2]$$

а на частях в пределах между α_{max} и α_{mid} :

$$\rho''(\alpha) = \rho(\alpha)_{min} + \sqrt{\left(1 - \frac{(\alpha_{max} - \alpha)^2 \times 3}{(\Delta\alpha)^2}\right) \times \Delta\rho^2(\alpha)}, [3]$$

где $\rho''(\alpha)$ - полярный радиус производной второго порядка;

$\rho(\alpha)_{max}$ - заданная величина максимального полярного радиуса для текущих участков;

5 $\rho(\alpha)_{min}$ - заданная величина минимального полярного радиуса для участков текущих участков;

$\Delta\rho(\alpha)$ - заданный диапазон изменения величин полярного радиуса для участков текущих участков;

10 $\alpha = 0 \dots 360$ - полярный угол;

α_{min} - заданная величина полярного угла для полярного радиуса с минимальным значением для текущих участков;

15 α_{max} - заданная величина полярного угла для полярного радиуса с максимальным значением для текущих участков;

$\Delta\alpha$ - задаваемый диапазон изменения полярного угла, при котором полярный радиус однократно изменяется в пределах между минимальным и максимальным значением в расчетном периоде.

20 Расчет кривой на участках A_2''' и C_2''' ведется по условию уменьшения величин полярного радиуса в этих секторах симметрично увеличению величин полярного радиуса в секторах A_2'' и C_2'' относительно центра круга.

Для расчета кривой на участках D_2' и E_2' применяются те же алгоритмы вычислений.

25 Участки кривой B_2'' и B_2''' имеют постоянные величины полярных радиусов, и они соединяют собой концы кривой на соседних участках.

При сборке двигателя составляющие преобразователя выставляются в базовое положение (Фиг. 15, 16). Кулачки с внутренней рабочей поверхностью закрепляются на роторах с условием параллельности профилей участков, соответствующих отрезкам 30 D_1 и E_1 на производной первого порядка от базовой замкнутой кривой, линии, соединяющей середины разнесенных на 180 градусов лопастей. Кулачки с наружной рабочей поверхностью должны быть жестко закреплены на валу с условием соблюдения перпендикулярности их осей симметрии. При этом начальное положение механизма при сборке выставляется так, чтобы на каждой из сторон кулачки с внутренней и 35 наружной рабочими поверхностями были позиционированы в одну и ту же сторону серединами участков, соответствующих секторам B_1 и $B_2''B_2'''$ на производных первого порядка от базовой замкнутой кривой.

Двигатель работает следующим образом.

40 В момент, при котором один из роторов с парой лопастей R1 и R2 находится в заблокированном состоянии, другой ротор со своей парой лопастей L1 и L2 вращается со скоростью в два раза большей скорости вращения вала под воздействием энергии расширяющихся в камере сгорания газов. При этом симметричный дифференциальный редуктор передает крутящий момент с вращающегося ротора на вал двигателя с 45 повышением 2:1.

В это время между поршнями R2 и L2 происходит такт впуска, между поршнями L2 и R1 происходит такт сжатия, между поршнями L1 и R1 происходит такт рабочего хода, а между поршнями L1 и R2 происходит такт выпуска.

Тем временем поворот кулачка, жестко закрепленного на валу, вызывает на стороне заблокированного ротора перекатывание роликов, по частям рабочих поверхностей кулачков, соответствующих секторам $D_1, E_1; D'_2, E'_2$ на производных базовой кривой.

С момента, когда места контактов роликов с кулачками достигнут секторов рабочих поверхностей кулачков, соответствующих производным сегментам от секторов А и С базовой кривой, начинается плавное торможение вращающегося ротора до полной его остановки и плавный разгон стоявшего ротора до скорости в два раза большей скорости вращения вала.

Дальнейшая работа механизма происходит в той же последовательности попеременно для каждой стороны. За один оборот общего вала происходит по два полуоборота роторов в челночном режиме.

Передача крутящего момента на вал происходит двумя потоками посредством кулачковых передач и симметричного дифференциального механизма с преобразованием вращательно-прерывистого движения роторов в равномерное вращение выходного вала двигателя.

Максимальное сближение замедляющихся и ускоряющихся лопастей происходит в момент, когда их скорости уравниваются, а их позиции равноудалены от места остановки. Схематично на Фиг. 17 этот момент отображен с использованием графика изменения угловой скорости ω_α в виде базовой кривой.

Расположенная посередине между максимально сблившимися в конце такта сжатия лопастями точка является аналогом «ВМТ» в традиционных двигателях.

В стенке тороида, в секторе, где происходит такт сжатия на расчетном угле от «ВМТ» монтируются свеча (свечи) зажигания и/или либо форсунка (форсунки) впрыска топлива в количестве и с местом расположения в зависимости от типа двигателя по виду используемых топлив.

В радиально противоположной от «ВМТ» стороне тороида располагаются впускное и выпускное окна двигателя.

(57) Формула изобретения

Роторный двигатель внутреннего сгорания, состоящий из симметричного дифференциального редуктора, общего вала, стенок тороида, двух роторов с лопастями, между которыми образуются четыре рабочие камеры, двух блоков кулачковых передач, каждая из которых содержит кулачек с внутренней рабочей поверхностью, установленный на роторе соосно общему валу, кулачек с наружной рабочей поверхностью, установленный соосно на общем валу, ползун с пальцами, установленный на направляющих, закрепленных на корпусе блока кулачковой передачи, при этом профиль кулачков с внутренней рабочей поверхностью описывается зависимостью полярного радиуса от полярного угла и представляет собой эквидистанту, отстоящую на величину радиуса пальца наружу от производной первого порядка базовой замкнутой кривой, а профиль кулачков с наружной рабочей поверхностью описывается зависимостью полярного радиуса от полярного угла и представляет собой эквидистанту, отстоящую на величину радиуса пальца внутрь от производной второго порядка от базовой замкнутой кривой, при этом базовая замкнутая кривая описывается следующей формулой:

$$\rho(\alpha) = \rho(\alpha)_{min} + \sqrt{\left(1 - \frac{(\alpha_{max} - \alpha)^2}{(\Delta\alpha)^2}\right) \times \Delta\rho^2(\alpha)},$$

где $\rho(\alpha)$ - полярный радиус;

$\rho(\alpha)_{\min}$ - задаваемая величина минимального полярного радиуса;

$\Delta\rho(\alpha)$ - задаваемый диапазон величин полярного радиуса;

5 $\Delta\alpha$ - задаваемый диапазон полярного угла, при котором полярный радиус однократно
изменяется в пределах между минимальным и максимальным значениями;

$\alpha=0\dots360$ - полярный угол;

α_{\max} - задаваемая величина полярного угла для полярного радиуса с максимальным
значением,

10 и отличающийся наличием устройства динамического регулирования степени
наполнения рабочей камеры тороида воздухом или топливовоздушной смесью с
соответствующим изменением степени сжатия с применением подвижной заслонки для
регулирования формы сечения впускного окна.

15

20

25

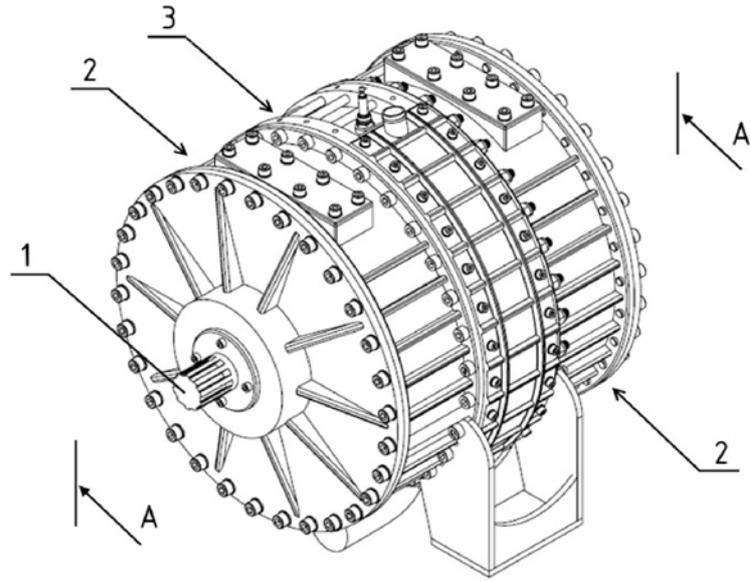
30

35

40

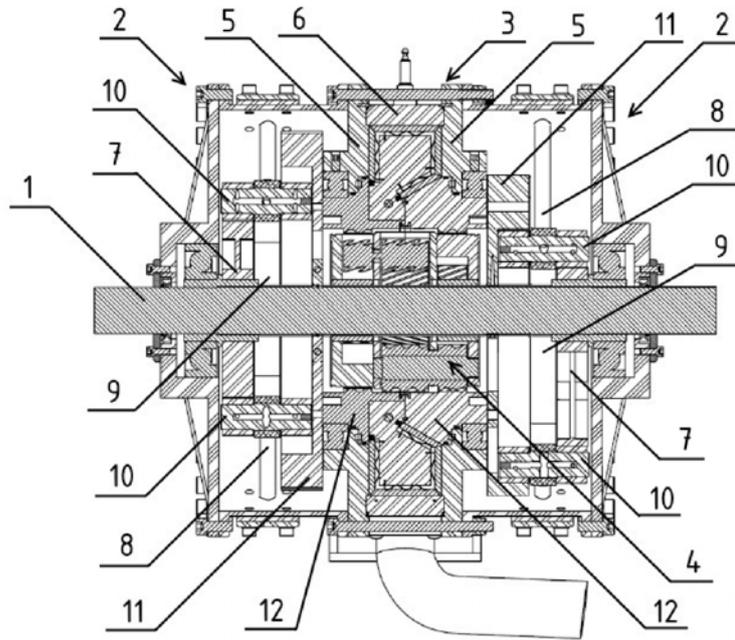
45

1



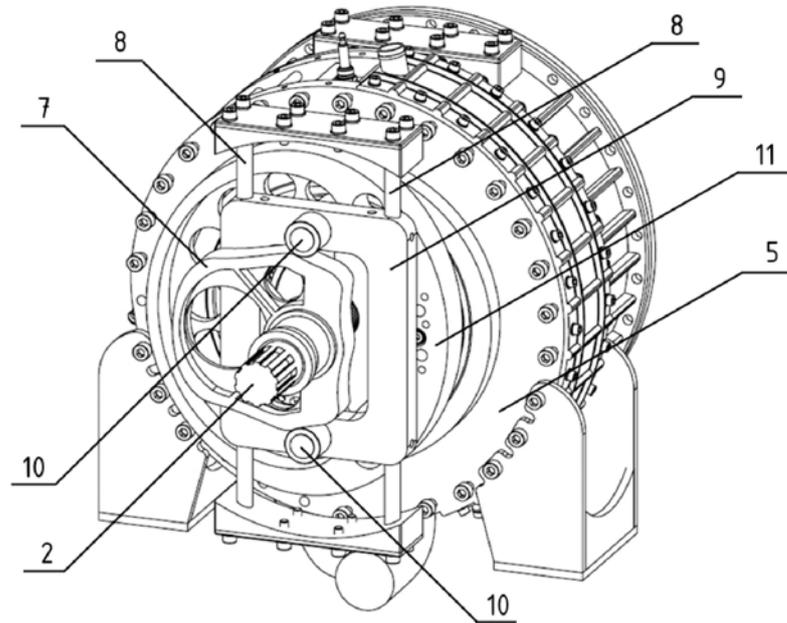
Фиг. 1

A - A

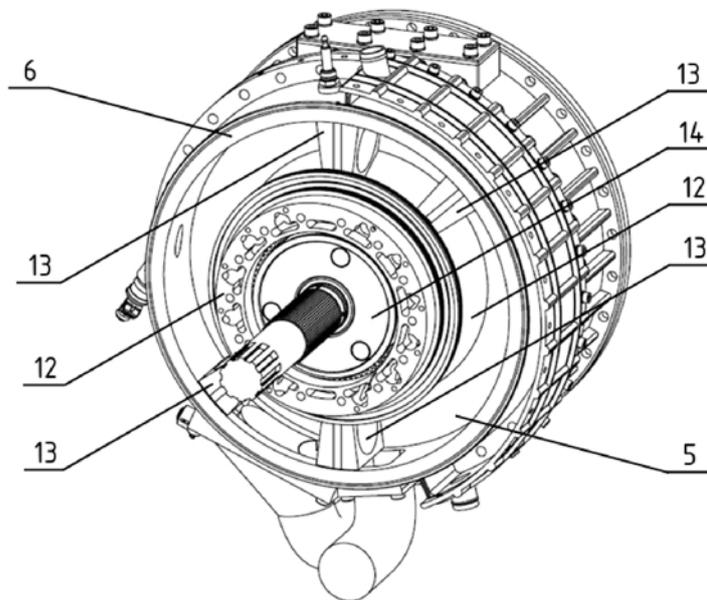


Фиг. 2

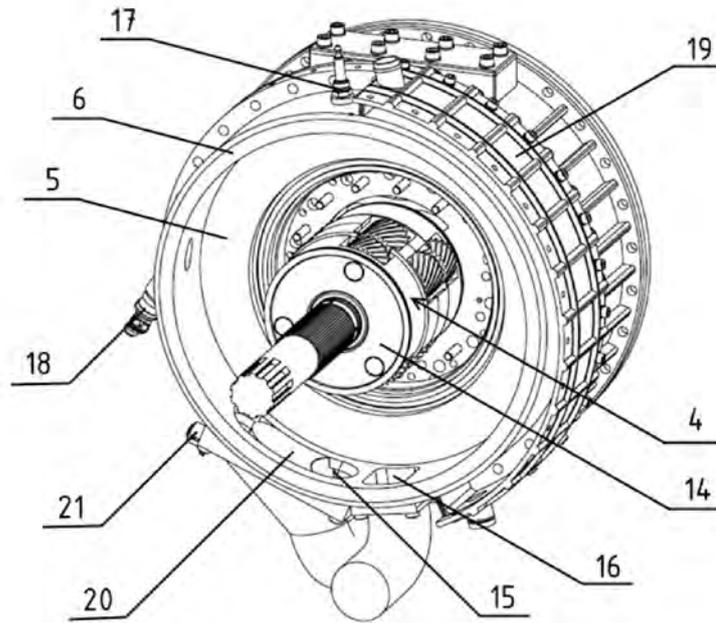
2



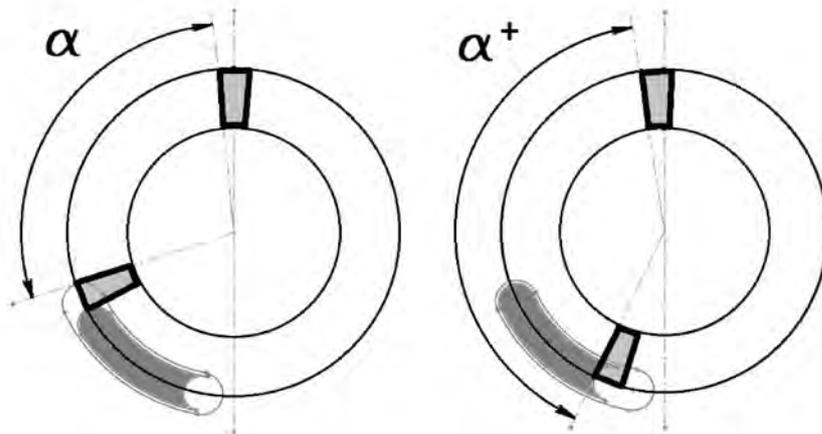
Фиг. 3



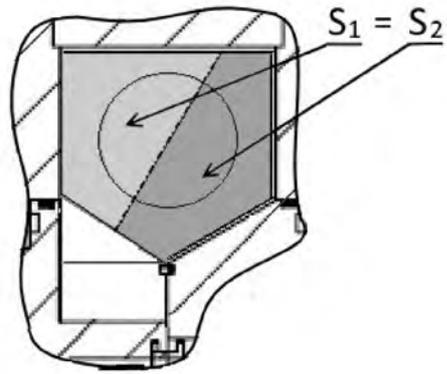
Фиг. 4



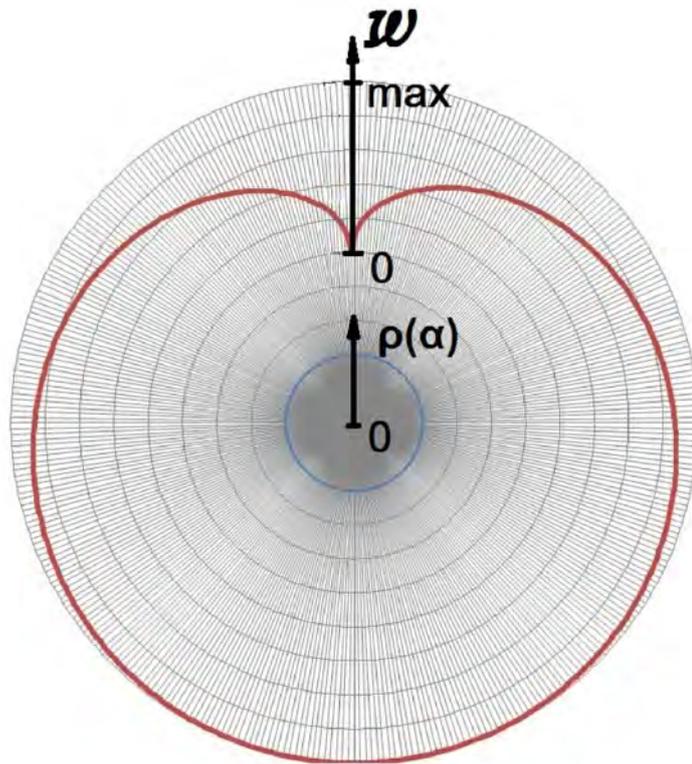
Фиг. 5



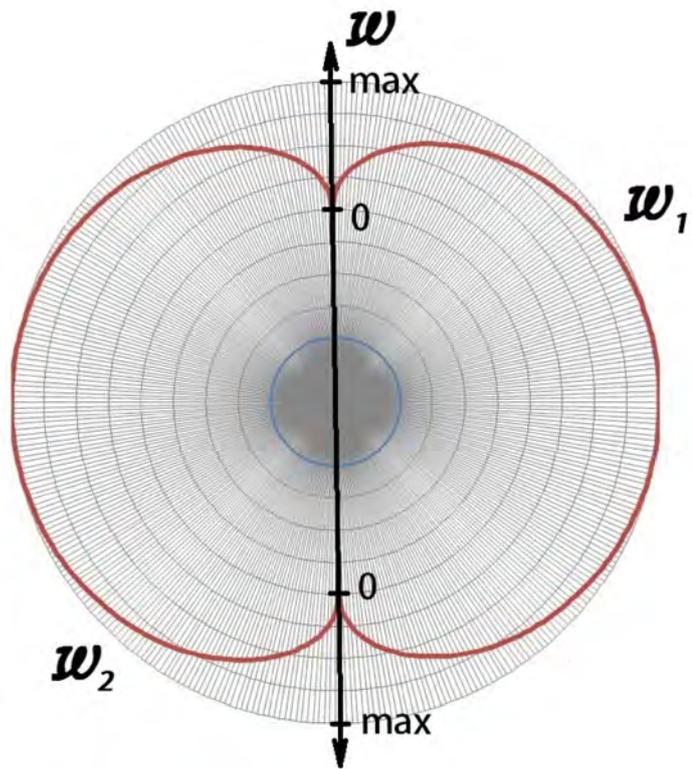
Фиг. 6



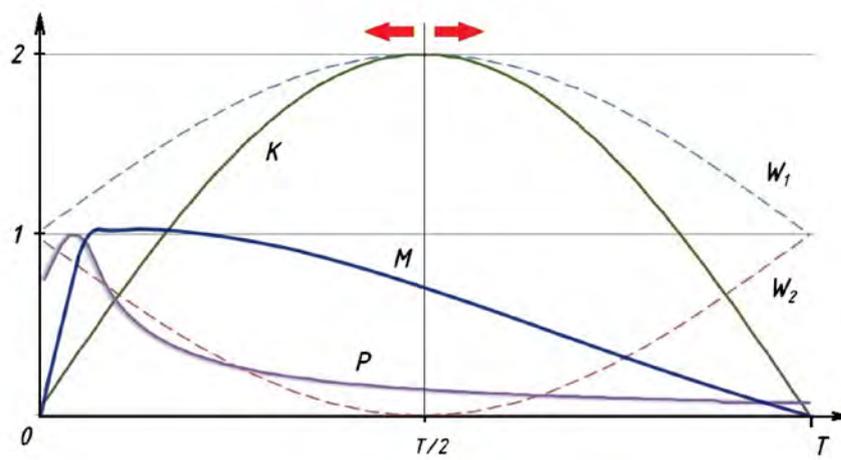
Фиг. 7



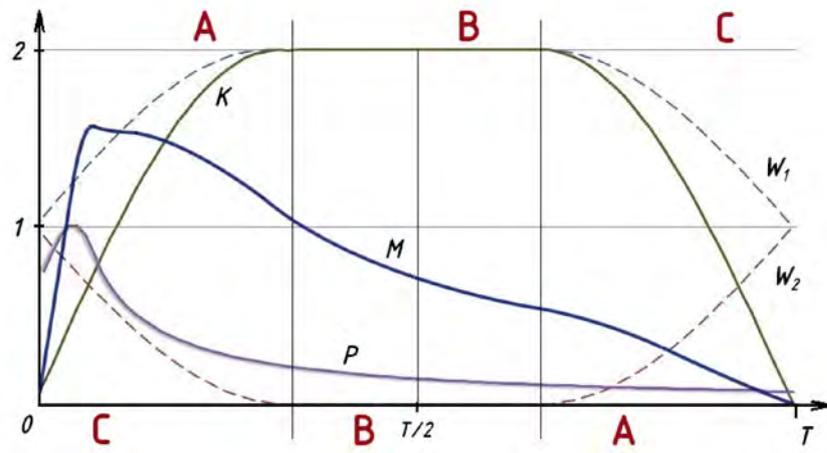
Фиг. 8



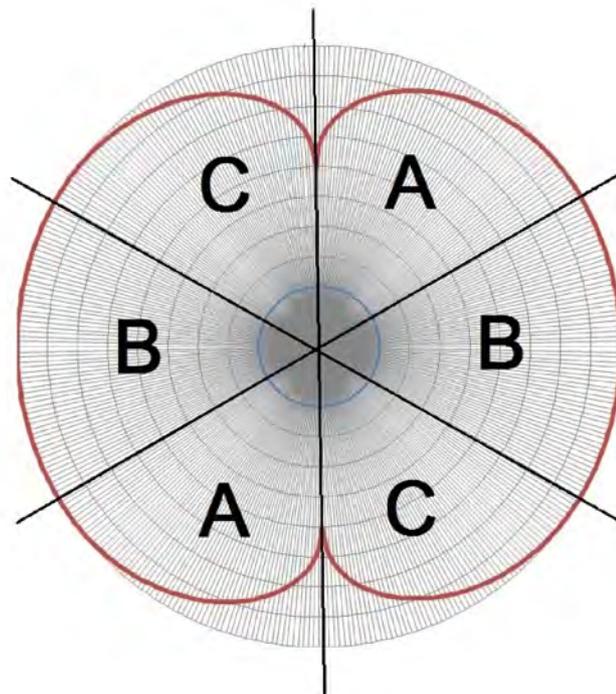
Фиг. 9



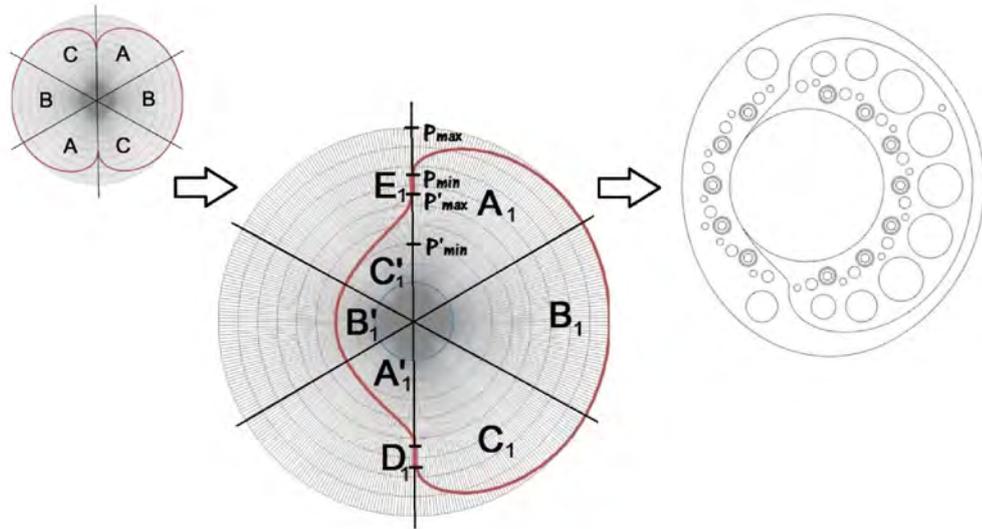
Фиг. 10



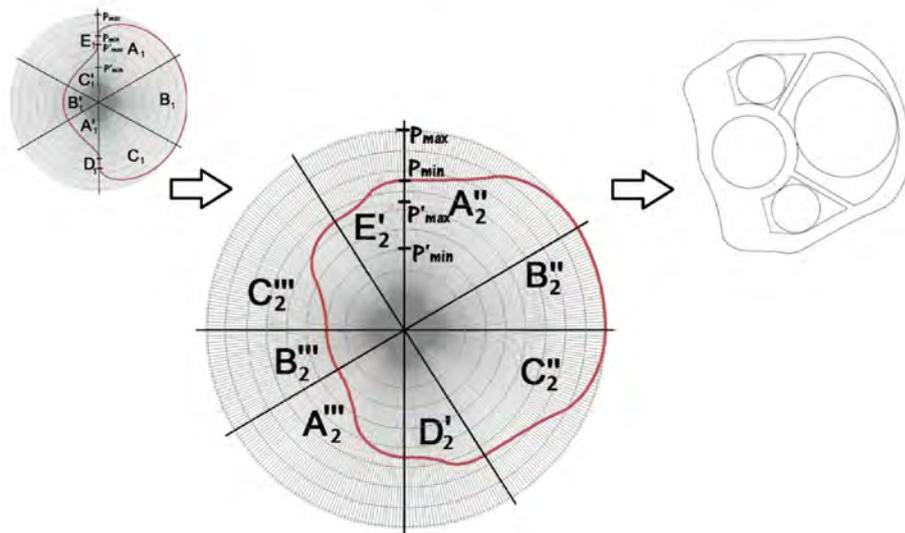
Фиг. 11



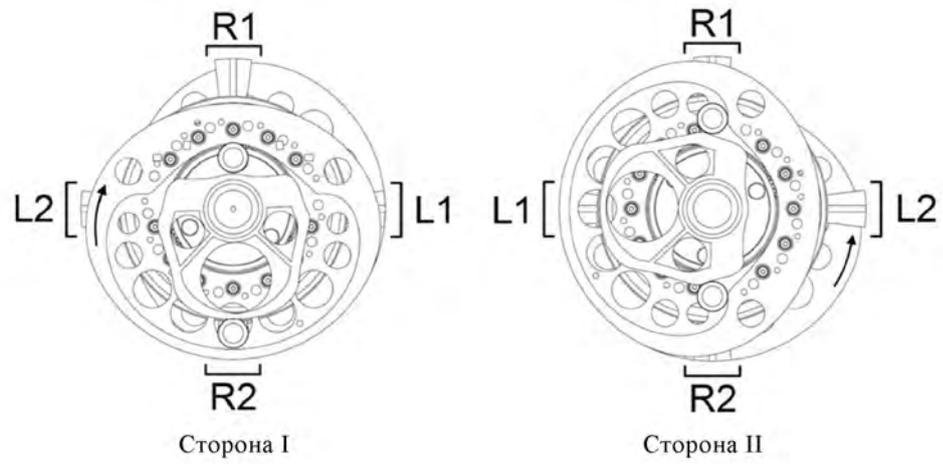
Фиг. 12



Фиг. 13

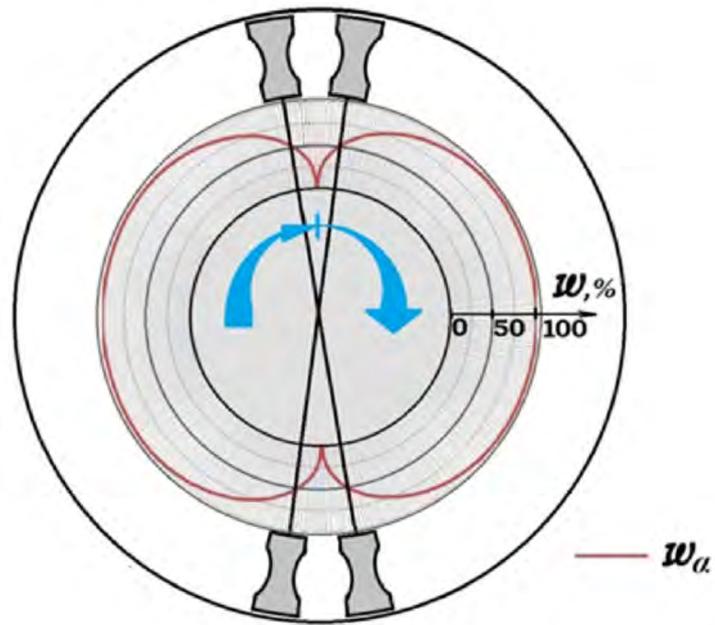


Фиг. 14



Фиг. 15

Фиг. 16



Фиг. 17