



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016142287, 27.10.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.10.2016Дата регистрации:
26.09.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.10.2016

(45) Опубликовано: 26.09.2017 Бюл. № 27

Адрес для переписки:

630009, г. Новосибирск, ООО "ИНКО", а/я 123

(72) Автор(ы):

Медведев Алексей Елизарович (RU),
Чернявский Александр Михайлович (RU),
Фомин Василий Михайлович (RU),
Караськов Александр Михайлович (RU),
Приходько Юрий Михайлович (RU),
Фомичев Владислав Павлович (RU),
Чехов Вячеслав Павлович (RU),
Рузматов Тимур Махмуджанович (RU),
Фомичев Алексей Вячеславович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт теоретической
и прикладной механики им. С.А.
Христиановича Сибирского отделения
Российской академии наук (RU),
федеральное государственное бюджетное
учреждение "Новосибирский
научно-исследовательский институт
патологии кровообращения имени академика
Е.Н. Мешалкина" Министерства
здравоохранения Российской Федерации
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 4403911 A, 13.09.1983. SU
1795685 A1, 20.12.1995. SU 1044826 A,
30.09.1983. US 4402647 A, 06.09.1983.

(54) Дисковый насос трения для перекачки жидкостей

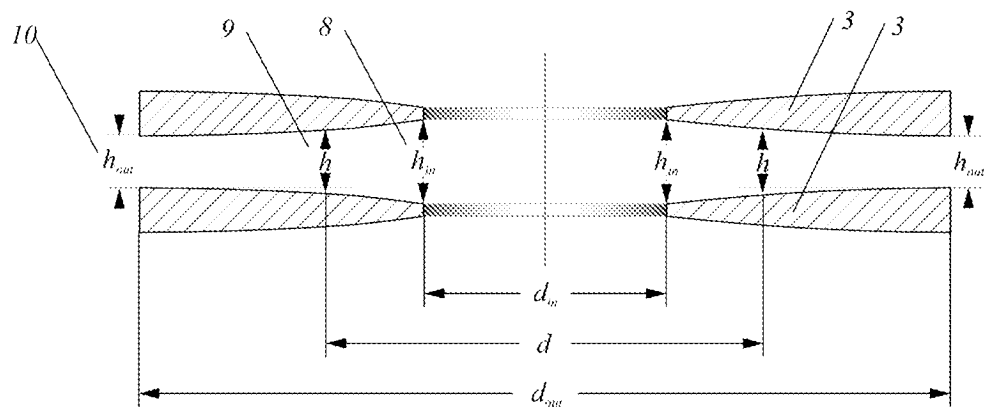
(57) Реферат:

Изобретение относится к дисковым насосам трения для перекачки жидкостей, в частности в кардиохирургии для создания вспомогательного насоса поддержки кровообращения для лечения терминальной сердечной недостаточности. Насос содержит корпус, внутри которого установлен с возможностью вращения пакет дисков (3) переменной толщины в радиальном направлении, входной и выходной патрубки. Диски (3) выполнены обтекаемой параболической формы. Ширина зазора между дисками (3) убывает от центра к периферии и определена выражением, которое связано с текущей шириной h зазора (9)

между дисками (3) от входа до выхода, шириной h_{in} зазора (8) между дисками (3) на входе, диаметром d_{in} дисков (3) на входе, текущим диаметром d дисков (3) от входа до выхода, расходом жидкости на один зазор между дисками (3), толщиной пограничного слоя при ламинарном течении, коэффициентом кинематической вязкости жидкости, скоростью вращения дискового ротора и безразмерным параметром, характеризующим отношение ширины зазора между дисками (3) к толщине пограничного слоя на вращающемся диске (3).

Изобретение направлено на оптимизацию параметров дискового насоса, включающую оптимальный выбор формы и величины входного диаметра дисков, скорости вращения ротора в

зависимости от свойств жидкости и расхода для достижения максимального КПД и напора насоса, что позволяет его использование в системах искусственного кровообращения. 5 ил.



Фиг. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 631 854**⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
F04D 5/00 (2006.01)
F04D 29/18 (2006.01)
A61M 1/10 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2016142287, 27.10.2016**

(24) Effective date for property rights:
27.10.2016

Registration date:
26.09.2017

Priority:

(22) Date of filing: **27.10.2016**

(45) Date of publication: **26.09.2017** Bull. № 27

Mail address:

630009, g. Novosibirsk, OOO"INKO", a/ya 123

(72) Inventor(s):

**Medvedev Aleksej Elizarovich (RU),
Chernyavskij Aleksandr Mikhajlovich (RU),
Fomin Vasilij Mikhajlovich (RU),
Karaskov Aleksandr Mikhajlovich (RU),
Prihodko Yuriy Mikhajlovich (RU),
Fomichev Vladislav Pavlovich (RU),
Chekhov Vyacheslav Pavlovich (RU),
Ruzmatov Timur Makhmudzhonovich (RU),
Fomichev Aleksej Vyacheslavovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
uchrezhdenie nauki Institut teoreticheskoy i
prikladnoy mekhaniki im. S.A. Khristianovicha
Sibirskogo otde-leniya Rossijskoj akademii nauk
(RU),
federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
uchrezhdenie "Novosibirskij
nauchno-issledovatel'skij institut patologii
krovoobrashcheniya imeni akademika E.N.
Meshalkina" Ministerstva zdравookhraneniya
Rossijskoj Federatsii (RU)**

(54) **DISC-TYPE FRICTION PUMP FOR PUMPING LIQUIDS**

(57) Abstract:

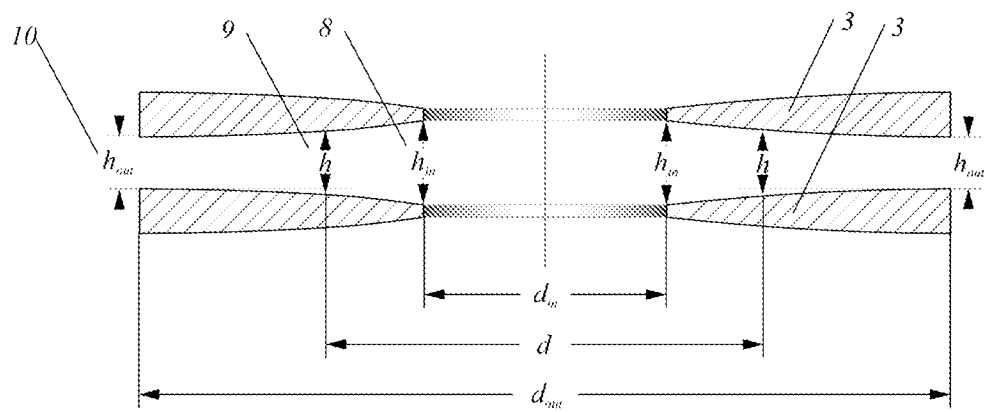
FIELD: engine devices and pumps.

SUBSTANCE: pump has a housing inside which disc stack is mounted for rotation (3) variable thickness in radial direction, inlet and outlet branch pipes. The discs (3) are made of streamlined parabolic shape. The width of the gap between the discs (3) decreases from the center to the periphery and is defined by the expression that is associated with actual width h of the gap (9) between the discs (3) from the inlet to the outlet, the width h_{in} of the gap (8) between the discs (3) at the inlet, the diameter d_{in} of discs (3) at the inlet, the actual diameter d of the discs (3) from inlet to outlet, liquid consumption per one gap between discs (3), thickness

of boundary layer at laminar flow, coefficient of kinematic liquid viscosity, disc rotor rotation rate and dimensionless parameter characterising the ratio of the width of the gap between the discs (3) to the thickness of the boundary layer on the rotating disc (3).

EFFECT: optimisation of the disc pump parameters including the optimal choice of shape and size of the inlet diameter of the discs, rotation rate of the rotor depending on properties of liquid and flow rate for achieving maximum efficiency and pump head, which makes it possible to use it in artificial blood circulation systems.

5 dwg



Фиг. 3

RU 2631854 C1

RU 2631854 C1

Изобретение относится к гидравлическим насосам для перекачки жидкостей и может быть использовано, в частности, в кардиохирургии для создания вспомогательного насоса поддержки кровообращения (LVAD – Left Ventricular Assist Device) для лечения терминальной сердечной недостаточности.

5 Дисковые насосы трения широко известны (см., например, Мисюра В.И., Овсянников Б.В., Присняков В.Ф. Дисковые насосы. – М.: Машиностроение, 1986. – 112 с.). Их отличает простота конструкции, компактные размеры и широкая область применения. Однако они имеют существенный недостаток, заключающийся в низком коэффициенте полезного действия (КПД) по сравнению с лопастными гидромашинами.

10 Основным конструкционным элементом дисковых насосов трения является ротор с несколькими соосно установленными, скрепленными между собой дисками, обычно расположенными в параллельных плоскостях, между которыми имеются зазоры для транспортировки жидкости. Диски могут быть постоянной или переменной толщины.

Известны дисковые насосы трения с переменной толщиной дисков (см. патент на 15 изобретение US 4402647, опубл. 06.09.1983 г.), в которых предложены четыре типа конструкции дисков:

1) конусообразные в сечении с сужением междискового зазора во входной части дисков (со стороны меньшего радиуса) и с постоянной шириной зазора в выходной половине дисков (со стороны большего радиуса);

20 2) плоские диски с сужением междискового зазора между ними от меньшего радиуса к большому;

3) конусообразные в сечении диски с сужением междискового зазора на всем протяжении дисков от меньшего радиуса к большому;

4) плоские диски с расширением междискового зазора между ними от малого диаметра 25 к большому.

В известных насосах диски 1-го и 2-го типов предлагается использовать для перекачки жидкостей с малой вязкостью или газов, например, для воздуха. Диски 3-го и 4-го типов предлагается использовать для перекачки жидкостей с большой вязкостью, например перекачки крови в аппаратах искусственного кровообращения.

30 Недостатком известного технического решения является отсутствие взаимосвязи между изменениями междисковых зазоров, вязкостью перекачиваемой жидкости и другими параметрами насоса, что, в свою очередь, не обеспечивает высокую производительность насосов.

Известен дисковый насос, в котором предложен ротор с дисками, имеющими 35 уменьшающиеся по толщине к центру внутренние входные кромки дисков, при этом основная толщина дисков остается постоянной (см., патент на изобретение US 4347032, опубл. 31.08.1982 г.).

Недостатком данного технического решения является то, что он не направлен на изменение характера течения рабочего тела в пространстве между дисками.

40 Известен дисковый насос для перемещения биологических жидкостей (см., заявку РСТ WO 2006121698, опубл. 16.11.2006 г.). Отличительной особенностью этого изобретения является наличие двух наборов плоских дисков с электромотором, помещенным на оси между ними. При этом два набора дисков помещены в разные камеры, разделенные фильтрационной мембраной.

45 Недостатком данного устройства является размещение мотора электропривода между двумя роторами, содержащими наборы плоских дисков, а также наличие фильтров для фильтрации биологических жидкостей, что увеличивает габариты устройства и усложняет его конструкцию. Это неприемлемо при использовании такого насоса для

перекачки, например крови, так как повышает угрозу тромбообразования.

Наиболее близким к заявляемому, принятым за прототип, является дисковый насос, содержащий корпус, внутри которого установлен с возможностью вращения пакет дисков переменной толщины в радиальном направлении, входной и выходной патрубки (см., патент на изобретение US 4403911, опубл. 13.09.1983 г.).

Недостатком прототипа, относительно задач настоящего заявляемого решения, является то, что в нем также отсутствует взаимосвязь между величинами междискового зазора в разных точках, вязкостью жидкости и другими параметрами насоса, в частности, производительностью. Еще одним недостатком при использовании такого насоса для перекачки крови является внешнее по отношению к ротору расположение электропривода с использованием сальников, что увеличивает габариты насоса и уменьшает его ресурс работы.

Задачей предлагаемого изобретения является создание дискового насоса трения с оптимальными параметрами (повышенным напором и КПД) для перекачки конкретных жидкостей, обладающего габаритами, позволяющими его использование в системах искусственного кровообращения.

Технический результат, достигаемый заявленным техническим решением, состоит в оптимизации параметров дискового насоса, включающей оптимальный выбор формы и величины входного диаметра дисков, скорости вращения ротора в зависимости от свойств жидкости и расхода для достижения максимального КПД и напора насоса.

Технический результат достигается тем, что в дисковом насосе трения для перекачки жидкостей, содержащем корпус, внутри которого установлен с возможностью вращения пакет дисков переменной толщины в радиальном направлении, входной и выходной патрубки, диски выполнены обтекаемой параболической формы, ширина зазора между дисками убывает от центра к периферии и определена выражением:

$$h = h_{in} \frac{d_{in}}{d},$$

где диаметр дисков на входе выбирают из условия

$$d_{in} = 2 \sqrt{\frac{Q\delta}{\pi\nu}} \sqrt{\frac{\operatorname{ch}(2\lambda) + \cos(2\lambda)}{\operatorname{sh}(2\lambda) - \sin(2\lambda)}},$$

где h – текущая ширина зазора между дисками от входа до выхода, м;

h_{in} – ширина зазора между дисками на входе, м;

d_{in} – диаметр дисков на входе, м;

d – текущий диаметр дисков от входа до выхода, м;

Q – расход жидкости на один зазор между дисками, м³/сек;

$\delta = \sqrt{\frac{\nu}{\Omega}}$ – толщина пограничного слоя при ламинарном течении, м;

ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м²/сек;

Ω – скорость вращения дискового ротора, 1/сек;

$\lambda = \frac{h_{in}}{2\delta}$ – безразмерный параметр, характеризующий отношение ширины зазора между дисками к толщине пограничного слоя на вращающемся диске.

При этом площадь входного $S_{in} = \pi d_{in} h_{in}$, выходного $S_{out} = \pi d_{out} h_{out}$ и текущего $S = \pi dh$ сечений между дисками является постоянной величиной $S_{in} = S_{out} = S$. Ширина выходного зазора h_{out} при этом меньше ширины входного зазора h_{in} . Минимальная ширина выходного зазора зависит от свойств жидкости: так, для крови, минимальный диаметр капилляра составляет 10 микрон (Медведев А.Е. Двухфазная модель течения крови // Российский журнал биомеханики – 2013. – Т. 17, № 4(62). – С. 22-36); для воды экспериментально доказана возможность течения в канале до 100 микрон (Анискин В.М., Адаменко К.В., Маслов А.А. Экспериментальное определение коэффициентов гидравлического сопротивления прямолинейного и криволинейного микроканалов // Вестник НГУ. Серия: Физика – 2010. – Т. 5, вып. 3. – С. 63-70).

В отличие от прототипа в предлагаемом устройстве диски выполнены обтекаемой параболической формы с заданной по указанному выше распределению величиной зазора между дисками h , что обеспечивает постоянство площади сечения междискового зазора. Указанная величина междискового зазора позволяет максимально повысить КПД насоса в каждом конкретном случае (при прокачке определенной жидкости).

В предлагаемом насосе внутренний (входной) диаметр дисков d_{in} определяется по заданной формуле и зависит от свойств жидкости, расхода и скорости вращения ротора насоса. Это позволяет повысить напорные характеристики насоса.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлен поперечный разрез дискового насоса; на фиг. 2 представлен продольный вид снизу по А-А на фиг. 1 дискового насоса; на фиг. 3 представлен продольный разрез двух дисков;

на фиг. 4 представлен график функции $\sqrt{\frac{ch(2\lambda) + \cos(2\lambda)}{sh(2\lambda) - \sin(2\lambda)}}$ в зависимости от параметра

λ (эта функция входит в формулу, определяющую входной диаметр дисков), из графика видно, что указанная функция всегда положительна и при $\lambda > 2.5$ примерно равна единице; на фиг. 5 представлены графики КПД (кривая 1) и перепада давления Δp (кривая 2) насоса в зависимости от входного диаметра дисков $d_{вход}$.

Дисковый насос трения для перекачки жидкостей, в частности крови, общий вид которого представлен на фиг. 1 и фиг. 2 (на фиг. 3 представлен продольный разрез двух дисков), содержит корпус 1, в который помещен ротор 2 с пакетом профилированных дисков 3, входной патрубок 4, выходной патрубок 5, шпильки для соединения дисков между собой 6, выходная улитка 7, входное сечение междискового зазора 8, текущее сечение междискового зазора 9, выходное сечение междискового зазора 10.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Принцип действия насосов основан на явлении пограничного слоя, который образуется на диске, вращающемся в жидкости. Перекачиваемая жидкость поступает через входной патрубок 4 в полость ротора 2, образованную дисками 3 с их входным, относительно междискового зазора, диаметром d_{in} и расстоянием между двумя смежными дисками h_{in} . Увлекаемая центробежными силами, за счет вязкого сцепления с дисками, жидкость поступает через входное сечение междискового зазора 8 площадью S_{in} в междисковый канал 9, ускоряется в нем и через выходное сечение междискового

зазора 10 площадью S_{out} поступает в выходную улитку 7 и далее в выходной патрубок 5.

В ходе проведенных экспериментальных и теоретических исследований были определены оптимальные характеристики дисков и их размеры. Рассмотрен насос из 12-ти дисков с внешним диаметром дисков $d_{out} = 40$ мм, внутренний диаметр дисков d_{exod} менялся от 6 до 20 мм. Начальный зазор между дисками $h_{in} = 0.5$ мм, а конечный зазор между дисками был определен из соотношения $h_{out} = h_{in} \frac{d_{exod}}{d_{out}}$ и менялся в пределах от 0.075 мм до 0.25 мм. Скорость вращения пакета дисков 3000 об/мин. Перекачивается вязкая жидкость – смесь воды (60 объемных %) + глицерин (40 объемных %) с плотностью 1100 кг/м³ и динамической вязкостью 0.0037 кг/(м·сек).

На фиг. 4 показаны зависимости гидравлического КПД насоса (кривая 1) и перепада давления между выходом и входом в насос (кривая 2) от входного диаметра дисков. При оптимальном выборе входного диаметра дисков (при $d_{exod} = d_{in}$), определяемого

предлагаемой формулой $d_{in} = 2 \sqrt{\frac{Q\delta}{\pi\nu}} \sqrt{\frac{\operatorname{ch}(2\lambda) + \cos(2\lambda)}{\operatorname{sh}(2\lambda) - \sin(2\lambda)}}$, КПД достигает своего

максимума вблизи максимума перепада давления Δp . При $d_{exod} < d_{in}$ КПД насоса падает, а при $d_{exod} > d_{in}$ растет КПД насоса, но при этом падает перепад давления Δp .

Таким образом, выбор внутреннего диаметра d_{exod} , равным d_{in} , обеспечивает оптимальное соотношение перепада давления Δp и КПД дискового насоса трения. Из фиг. 4 видно, что КПД насоса и напор (перепад давления между выходом и входом насоса) оптимальные для насоса с дисками входного диаметра $d_{exod} = d_{in} \approx 17$ мм, при этом выходной зазор оптимального насоса равен $h_{out} = h_{in} \frac{d_{in}}{d_{out}} \approx 0.2$ мм.

Предлагаемое изобретение обеспечивает оптимальный режим работы при перекачке жидкостей, который может быть использован в системах искусственного кровообращения.

(57) Формула изобретения

Дисковый насос трения для перекачки жидкостей, содержащий корпус, внутри которого установлен с возможностью вращения пакет дисков переменной толщины в радиальном направлении, входной и выходной патрубки, отличающийся тем, что диски выполнены обтекаемой параболической формы, а ширина зазора между дисками

убывает от центра к периферии и определена выражением $h = h_{in} \frac{d_{in}}{d}$, где диаметр

дисков на входе выбирают из условия

$$d_{in} = 2 \sqrt{\frac{Q\delta}{\pi\nu}} \sqrt{\frac{\operatorname{ch}(2\lambda) + \cos(2\lambda)}{\operatorname{sh}(2\lambda) - \sin(2\lambda)}},$$

где h – текущая ширина зазора между дисками от входа до выхода, м;

h_m – ширина зазора между дисками на входе, м;

d_m – диаметр дисков на входе, м;

d – текущий диаметр дисков от входа до выхода, м;

Q – расход жидкости на один зазор между дисками, м³/сек;

$\delta = \sqrt{\frac{\nu}{\Omega}}$ – толщина пограничного слоя при ламинарном течении, м;

ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м²/сек;

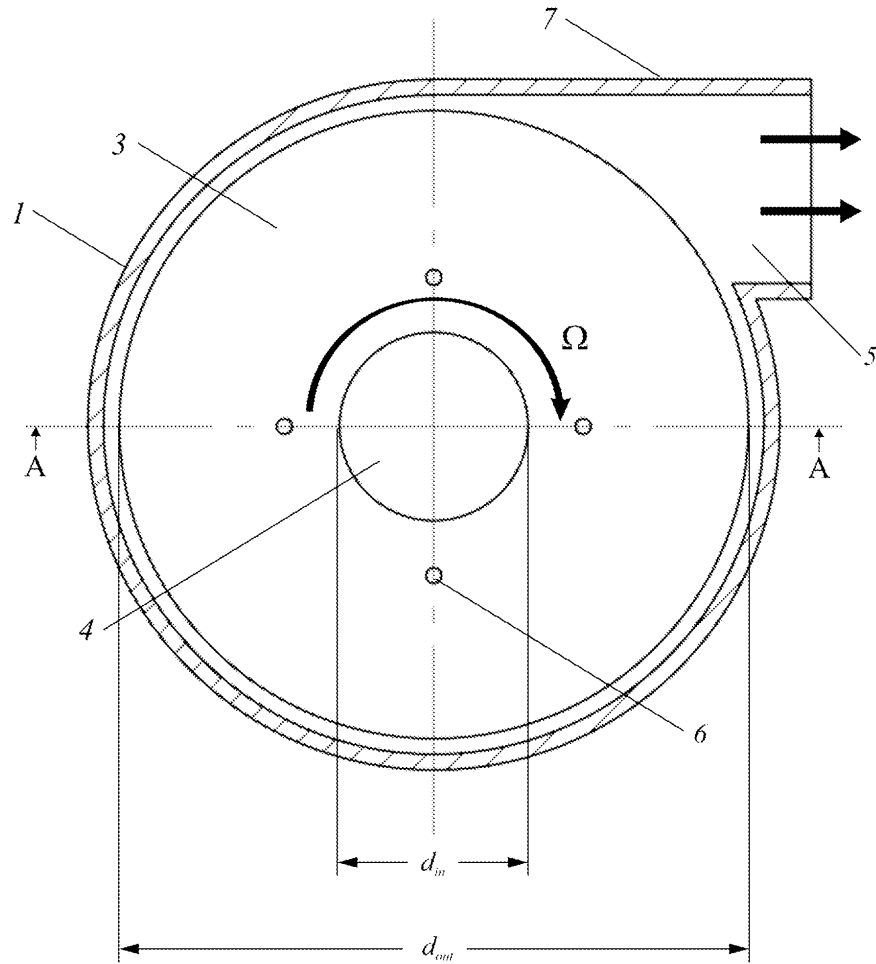
Ω – скорость вращения дискового ротора, 1/сек;

$\lambda = \frac{h_m}{2\delta}$ – безразмерный параметр, характеризующий отношение ширины зазора

между дисками к толщине пограничного слоя на вращающемся диске.

1

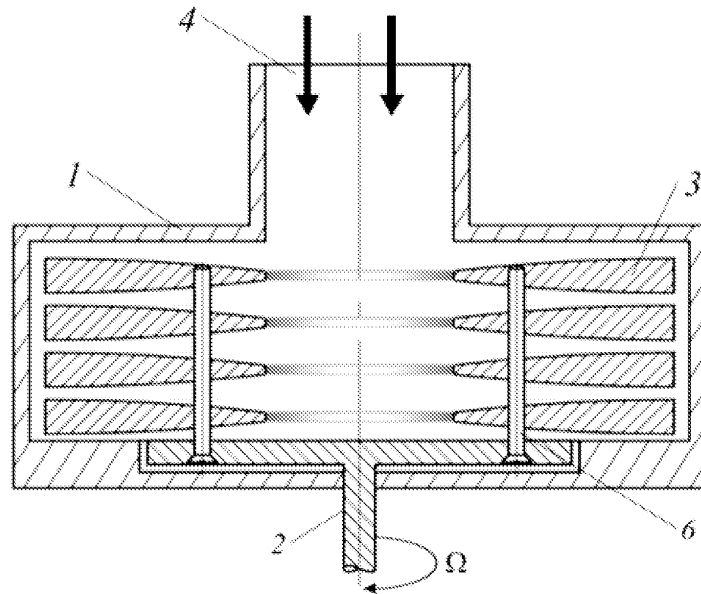
Дисковый насос трения для перекачки жидкостей



Фиг. 1

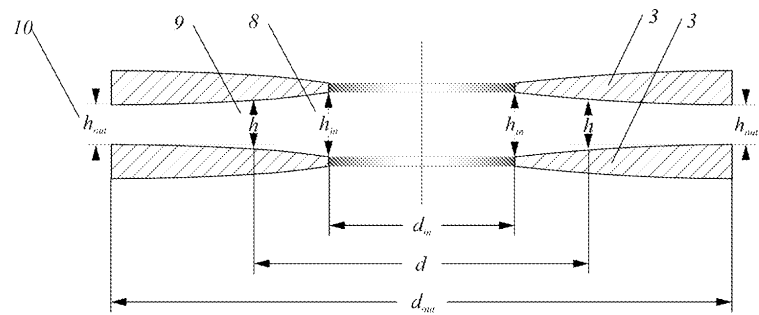
2

Дисковый насос трения для перекачки жидкостей



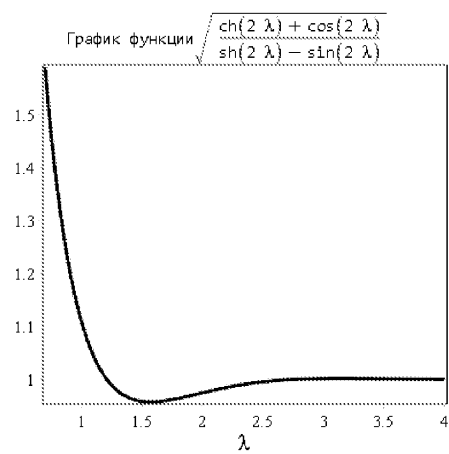
Фиг. 2.

Дисковый насос трения для перекачки жидкостей

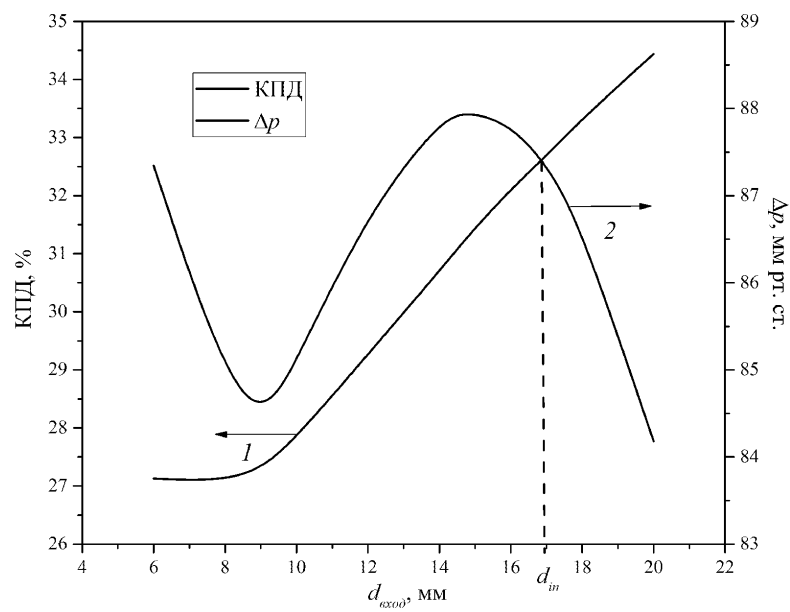


Фиг. 3.

Дисковый насос трения для перекачки жидкостей



Фиг. 4.



Фиг. 5.