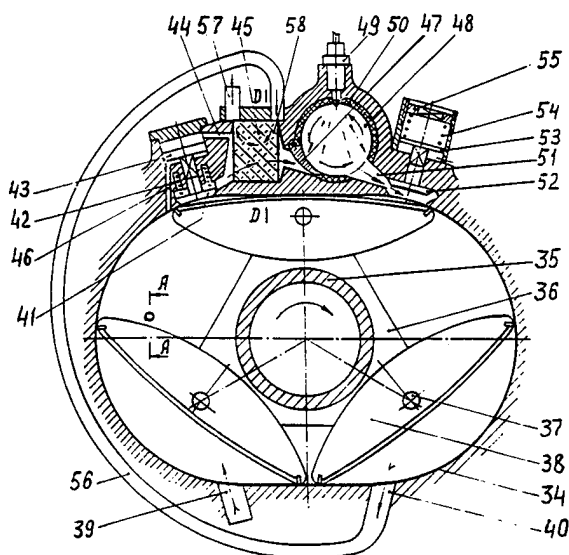


МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ
С ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(51) Международная классификация изобретения ⁶ : F02B	A2	(11) Номер международной публикации: WO 98/45587 (43) Дата международной публикации: 15 октября 1998 (15.10.98)
(21) Номер международной заявки: PCT/RU98/00085 (22) Дата международной подачи: 27 марта 1998 (27.03.98) (30) Данные о приоритете: 97105724 9 апреля 1997 (09.04.97) RU 97121371 11 декабря 1997 (11.12.97) RU (71)(72) Заявитель и изобретатель: ВЛАДИМИРОВ Порфирий Сергеевич [RU/RU]; 249020 Калужская обл., Обнинск, ул. Энгельса, д. 19, кв. 6 (RU) [VLADIMIROV, Porfiry Sergeevich, Obninsk (RU)].		(81) Указанные государства: CN, JP, US, евразийский патент (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE) Опубликовано Без отчёта о международном поиске и с повторной публикацией по получении отчёта.

(54) Title: VOLUMETRIC MACHINE: OTHER EMBODIMENTS AND OPERATING MODES

(54) Название изобретения: ОБЪЁМНАЯ МАШИНА: ВАРИАНТЫ УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ РАБОТЫ



(57) Abstract

Disclosed is a machine for volumetric compression and expansion, comprising a body with rotors installed inside which feature pressure chambers, prechambers in which heat reclaimers are placed to recover heat from exhaust gas, heating chambers equipped either with fuel injectors or with heating units with external heat transfer, and expansion chambers sequentially interconnected through valve or piston-valve gas distributors. Also disclosed are other designs concerning an internal combustion engine, characterized by an external loop heating, with lubrication and contact fittings, and with contactless fittings for non cooled rotors which have a strictly rotary motion and a peripheral speed of about 100 m/s; the last embodiment offers better prospects for improving the large-template features (specific mass lower than 0.1 kg/kWt). The heat recovery from exhaust gas ensures a yield increase of 0.6 to 0.9. The inventive machine is very simply designed in the sense that it comprises a minimum number of parts. It is characterized by a highly ecological feature, i.e. the toxicity level of the exhaust gas, and by the production process.

Предложена машина объемного сжатия и расширения, содержащая корпус с установленными в нем роторами, образующими камеры сжатия, предкамеры с установленными в них рекуператорами тепла выпускных газов, камеры нагрева с топливными форсунками или нагревателями с внешним подводом тепла, камеры расширения, последовательно соединенные между собой клапанными или золотниковыми газораспределителями. Рассмотрены варианты исполнения двигателя внутреннего сгорания, внешнего нагрева с замкнутым циклом, со смазкой и контактными уплотнениями, с бесконтактными уплотнениями неохлаждаемых роторов с чисто вращательным движением с окружной скоростью порядка 100 м/с; последняя версия наиболее перспективна для улучшения массогабаритных характеристик (удельная масса менее 0,1 кг/квт).

Рекуперация тепла выпускных газов обеспечивает повышение эффективного к.п.д. до 0,6...0,9. Конструкция машины весьма проста, т.е. содержит минимальное количество деталей. Инновация характеризуется высокой экологичностью по уровню токсичности выпускных газов и в процессе производства.

ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KP	Корейская Народно-Демократическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Малагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

ОБЪЕМНАЯ МАШИНА ВАРИАНТЫ УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ РАБОТЫ

Изобретение относится к области энергетики, точнее к роторным машинам объемного сжатия (и расширения): к тепловым двигателям и холодильным машинам, компрессорам и объемным турбинам, насосам и гидромоторам; оно применимо и к поршневым двигателям.

Известен роторный двигатель [1], содержащий корпус с торцевыми крышками и рабочей полостью, в которой установлены подвижные рабочие органы – ведущие и ведомые зубчатые роторы, сопряженные во внутреннем зацеплении с разницей чисел зубьев в один зуб. Роторы и корпус образуют камеры сжатия и расширения, в тракте низкого давления они соединены с впускными и выпускными продувочными патрубками, в тракте высокого давления камеры через газораспределительные окна сообщены с камерами нагрева, снабженными форсунками для впрыска топлива или светопрозрачной стенкой для нагрева рабочего тела световым излучением. Рассмотрен вариант с замкнутым циклом и рекуператором тепла выпускных газов; рабочие процессы близки к циклу Брайтона с подводом тепла при квазипостоянном давлении.

Описанный выше аналог остается весьма перспективным двигателем внутреннего сгорания или внешнего нагрева, и целесообразно его дальнейшее развитие и совершенствование. Известный прототип характеризуется некоторой конструктивной сложностью, в связи с чем в настоящей заявке предложены более простые и надежные конструктивные решения. Для эффективной работы рекуператора предпочтительны относительно низкие давления и температуры в тракте сжатия, присущие циклу Отто с подводом тепла при постоянном объеме; эта задача разрешается введением в устройство предкамеры с дополнительными клапанами, расположенными между камерами сжатия и нагрева; предусмотрено размещение в камере нагрева нагревателя-теплообменника с внешним подводом

тепла (подобно двигателю Стирлинга). В материалах заявки рассмотрены два основных концептуальных направления:

- объемная роторная машина с контактными уплотнениями рабочих камер; она базируется на традиционной технологии производства, достаточно разработанной при изготовлении роторных двигателей схемы Ф. Ванкеля и В. Фреде.

- роторная машина с бесконтактными уплотнениями зазоров, с неохлаждаемыми роторами из жаропрочной керамики и адиабатным режимом работы, которая обеспечивает качественно новый уровень совершенства энергетических машин.

Известны объемные роторные машины [2], [3], содержащие корпус с внутренней цилиндрической расточкой, в которой эксцентрично установлен ротор с шарнирно закрепленными на нем криволинейными лопастями, образующими рабочие камеры, сообщающиеся с каналами для подвода и отвода рабочей среды. Указанные устройства характеризуются простотой конструкции, но имеют существенные недостатки: низкая герметичность рабочих камер в шарнирах и по торцам лопастей, большие потери на трение между корпусом и лопастями, нагруженными силами давления среды и центробежными силами, интенсивный износ, малый ресурс и низкий к.п.д.

В настоящей заявке предложена роторная машина (прототипом ее может быть принято устройство [3]), которая свободна от упомянутых недостатков.

На Fig. 1 изображена объемная машина в поперечном разрезе на Fig. 2 и 3 – поперечный и осевой разрезы 4-х-тактного двигателя внутреннего сгорания, на Fig. 4 приведен поперечный разрез двигателя внутреннего сгорания или внешнего нагрева с рекуператором, на Fig. 5, 6, 8 – варианты шарнирного соединения поршня с ротором, на Fig. 7 – узел уплотнения поршня, на Fig. 9 – устройство смазки, на Fig. 10 – в разрезе по D - D, на Fig. 11 – схема соединений нагревателя, на Fig. 12, 13 приведены поперечный разрез и осевой разрез по E-E варианта объемной машины, на Fig. 14 – двухступенчатая объемная машина, на Fig. 15 – турбокомпрессорный рекуперативный двигатель, на Fig. 16 – узел золотникового газораспределения.

Объемная роторная машина (см. Fig. 1) содержит корпус 1 с торцевыми крышками, в котором на подшипниках с возможностью

вращения, установлен ротор 2, шарнирно соединенный с шестью пластинами-поршнями 3, концы которых скруглены по радиусу Γ и сопряжены с рабочей поверхностью 4 корпуса, имеющую волнообразную в окружном направлении форму в виде чередующихся и плавно сопряженных между собой выступов и впадин. Возможны различные варианты исполнения рабочей поверхности корпуса и поршней; на Fig. 1 изображен один из самых простых и практичных в виде квадрата со скругленными радиусом R углами. Такая поверхность может быть сформирована перемещением при вращении ротора одного из краев поршня с радиусом Γ по цилиндрической поверхности впадины с радиусом R , при этом второй край поршня воспроизведет профиль выступа. В частности, выступ может быть плоским (как на Fig. 1), или он может быть образован двумя плоскими поверхностями с тупым углом при вершине, направленной к центру корпуса; в последнем варианте рабочая поверхность поршня выполняется вогнутой. Поршни 3 и рабочая поверхность 4 могут быть выполнены снаружи корпуса. Объемная машина в исполнении насоса или гидромотора имеет неподвижный цапфовый распределитель 5 с впускными каналами 6 и выпускными 7, которые через каналы 8,9 в шарнирных соединениях сообщены с рабочими камерами 10. Рабочий объем камер герметизируется установленными по периметру поршней пластинчатыми уплотнениями 11.

Действует машина, например, гидромотор, след. образом: через наполнительные каналы 6, соединенные с источником жидкости высокого давления, последняя каналами 8, 9 подается в камеры 10 с расширяющимся объемом и создает крутящий момент с парой сил, приложенных к ротору, при этом радиальные силы уравновешены и не создают существенных нагрузок на коренные подшипники ротора. По достижении максимального объема камеры каналами 7 соединяются со сливной магистралью.

На Fig. 2, 3 изображен вариант ДВС с шестью поршнями 12, уплотняемыми по периметру радиальными пластинами 13 и торцевыми пластинами 14, снабженными камерами сгорания 15, сопряженными посредством шарниров 16 с кронштейнами 17, которые винтами 18 неподвижно соединены с валом 19, установленным в крышке 20 на подшипниках 21. На валу закреплен маховик 22 с лопастями 23 центробежного нагнетателя, воздушный тракт которого соединен с каналами 24 в корпусе.

Внутри кронштейнов 17 выполнены полости 25, которые через отверстия 26 в крышке 20 сообщены с выходом нагнетателя 23; снаружи кронштейнов имеются полости 27, сообщенные с выпускными отверстиями 28 в крышке 29. Полости 25 и 27 сообщены между собой через межреберные каналы 30. Рабочая поверхность корпуса имеет четное число впадин и выступов, в которых поочередно расположены окна газообмена 31, 32 и свечи зажигания 33 и(или) топливные форсунки.

Действие двигателя в части газораспределения имеет аналогию с РПД Ванкеля: через впускные окна 31 осуществляется всасывание топливновоздушной смеси в рабочие камеры, затем ее сжатие, воспламенение от свечи 33 (или самовоспламенение от сжатия в цикле Дизеля), сгорание, расширение и выпуск в патрубки 32; таким образом за один оборот приводного вала 19 совершается 12 циклов. При вращении вала нагнетаемый крыльчаткой 23 воздух обеспечивает охлаждение корпуса в каналах 24 и параллельно через каналы 26, 25, 30, 27, 28 – охлаждение поршней и других конструктивных элементов во внутренней полости корпуса. При этом разность температур воздуха в полостях 25, 27 создает дополнительный центробежный напор, усиливающий циркуляцию и охлаждение.

Целесообразно исполнение поршней с двумя камерами сгорания в каждом из них с удвоенным количеством форсунок, разнесенных по длине корпуса.

На Fig. 4 изображена конструктивная схема рекуперативного двигателя, являющаяся дальнейшим развитием предложения, рассмотренного выше [1]. Она содержит корпус 34, ротор 35 с кронштейнами 36, шарнирами 37, поршнями 38, впускными и выпускными окнами 39, 40. В корпусе установлены нагнетательные клапаны 41 с пружинами сжатия 42, стержни клапана снабжены поршнями 43, надпоршневая полость которых соединена каналом 44 со входом нагреваемого тракта рекуператора 45, а подпоршневая полость каналом 46 сообщена с трактом сжатия двигателя. Выход рекуператора через обратный клапан 47 соединен с камерой нагрева 48, которая для ДВС исполнена в виде камеры сгорания с форсункой 49 и теплоизоляцией 50, а для ДВН (двигателя внешнего нагрева) содержит нагреватель в виде противоточного теплообменника с внешним подводом тепла (подобно двигателю Стирлинга). Камера нагрева каналом 51 через наполнительный клапан 52 сообщена с камерой расширения, на конце стержня клапана закреплена шайба 53 с пружиной 54, поджатой гайкой 55. Выпускные окна 40 газопроводом 56 соединены со входом греющего тракта рекуператора,

выход которого 57 сообщен через холодильник с впускным патрубком 39 (при замкнутом цикле) или с внешней атмосферой (версия ДВС).

Стержни клапанов 41,52 установлены в направляющих втулках подвижно в осевом направлении, но фиксированы от поворота, например, сопряжением квадратного сечения, шлицами и т.п. Поверхности тарелок клапанов, обращенные к камере сжатия, обработаны совместно (заподлицо) с рабочей поверхностью полости корпуса и могут иметь относительно мягкое истираемое покрытие. Рекуператор 45 выполнен в виде компактного теплообменника (прототип [4]), основной рабочий элемент которого представляет лист из жаропрочного материала с мелкими наклонными рифлениями-гофрами 58. Лист изогнут зигзагообразно и сжат складками до соприкосновения рифлений (см. Fig. 10), причем рифления в смежных складках перекрещиваются под углом друг к другу и образуют множественные точки контакта, исключающие деформации изгиба рифлений даже при малой толщине листа (0,05...0,1 мм) и значительных перепадах давления в греющем и нагреваемом трактах рекуператора (порядка 50 бар). Верхние щели складок образуют полости греющего тракта и загерметизированы с торцов (например, запаяны, заварены лазером), нижние щели являются нагреваемым трактом и торцы их открыты к каналу 44 и входу в камеру нагрева 48. Объем камеры нагрева соответствует массе воздушного заряда в камере сжатия, объем нагреваемого тракта рекуператора 45 вмещает один или несколько единичных зарядов. Управление клапанами 41,52,47 может быть традиционным, т.е. от распределительного вала с кулачками, толкателями и др. Очевидно, предложенное устройство двигателя может быть реализовано и на конструктивной основе РПД Ванкеля. Шарнирные соединения поршней с кронштейном выполнены в виде отверстий с пальцами 37, возможно применение шарниров с пальцами 59 сегментной формы, сопряженных с подшипниками 60 (см. Fig. 5), или шарниров с трением качения (см. Fig. 6, 8), содержащих плоские вкладыши 61,62 из твердого материала (например, из закаленной стали), опертые на выпуклые поверхности вкладышей 63,64, зафиксированных в ребрах кронштейнов, причем боковые поверхности вкладышей скруглены радиусами Γ_1 , Γ_2 и сопряжены с вогнутыми поверхностями окон 65, 66 в поршне.

По периметру поршней установлены уплотнения (см. Fig. 6, 7), содержащие радиальные 67 и торцевые 68 пластины, размещенные в канавках и поджатые к корпусу волнистыми пружинами-расширителями 69. Стыки пластин уплотнены

6

штифтами 70 цилиндрической формы, имеющими радиальные выступы 71, обработанные по контуру (заподлицо) закругленных концов поршней. Такое исполнение по сравнению с аналогом – системой уплотнений РПД схемы Ф. Ванкеля [5] позволяет минимизировать неуплотняемые участки δ и повысить герметичность рабочих камер. Радиальные выступы штифтов подвижно с минимальными посадочными зазорами утоплены в пазах поршня; штифты поджаты к торцевым поверхностям камер пружинными шайбами 72. Пазы под пластины 67 в поршне и в штифтах прорезаются совместно.

На FIG. 9 изображено устройство подвода смазки к сопряжениям между статором и поршнями 38, которое содержит шарики 73, ход которых ограничен гайкой 74; отверстие 75 сообщено с источником подачи смазки под давлением. Шарики выступают над рабочей поверхностью статора на величину "h", равную 0,2...1 мм, на кромках поршней выполнена соответствующая наклонная фаска 76, которая отжимает шарики и обеспечивает подачу масла на время взаимодействия поршня с шариком; таким образом обеспечена дозированная подача смазки на торцевые поверхности статора и затем на поверхность 34 (см.FIG .4).

Известен нагреватель двигателя внешнего сгорания Стирлинга [6], содержащий теплообменные секции с нагреваемым теплоносителем, циркулирующим в рабочем тракте двигателя, и секции с греющим теплоносителем в виде жаровой трубы, соединенной с камерой сгорания, снабженной топливной горелкой. В горелке образуется горючая смесь с коэффициентом избытка воздуха $A = 0,8...0,9$, которая хорошо воспламеняется и устойчиво горит. Продукты сгорания имеют чрезмерно высокую температуру, которая превышает термостойкость теплообменных деталей нагревателя, поэтому продукты сгорания смешиваются в жаровой трубе с потоком вторичного воздуха, в результате температура греющего теплоносителя понижается до приемлемой величины. После выхода из нагревателя продукты сгорания имеют значительную температуру и поступают в дополнительный противоточный теплообменник, где передают тепло воздуху, поступающему в горелку. Тем не менее на выходе из теплообменника продукты сгорания имеют существенную температуру из-за неполной утилизации тепла, причем потери тепла пропорциональны расходу воздуха. Целью настоящего изобретения является повышение топливной экономичности и уменьшение массы и габаритов двигателя путем многократного снижения расхода вторичного воздуха и снижения масс-габаритных параметров дополнительного теплообменника. Цель

достигается сжиганием топлива в нескольких последовательно соединенных секциях, при котором коэффициент избытка воздуха в последней секции минимален и приближается к $A = 1$.

На FIG. 11 изображена конструктивная схема нагревателя.

Нагреватель содержит секции греющего теплоносителя 77, 78, 79, снабженные горелками 80, 81, 82 с топливопроводами 83 и соединенные между собой последовательно.

Внутри секций греющего теплоносителя расположены секции 84, 85, 86 нагреваемого теплоносителя, соединенные параллельно. На FIG. 11 изображен теплообменник типа "труба в трубе", практически предполагается пластинчатое исполнение согласно FIG. 10.

Первичный воздух подводится к горелке 80, после сгорания при $A \sim 0,9$ он смешивается со вторичным воздухом, температура продуктов сгорания понижается до оптимальной величины, например, до 1000°K при $A \sim 3$; эта смесь проходит тракт секции 77 и отдает тепло нагреваемому теплоносителю в секции 84. На выходе перед горелкой 81 смесь имеет температуру $\sim 600^\circ \text{K}$, горелка обеспечивает ее дожигание и повышение температуры снова до оптимальной (1000°K), при этом коэффициент избытка воздуха уменьшается. Очевидно, выбором числа секций можно обеспечить многократное дожигание и снижение коэффициента A до 1, при этом будут обеспечены минимальные расход воздуха и сопутствующие ему тепловые потери, низкое содержание токсичных компонентов в выхлопных газах.

Действует рекуперативный двигатель след. образом: через патрубки 39 осуществляется впуск воздушного заряда, затем его сжатие, в конце которого давлением воздуха на тарелку клапана 41 и поршень 43 открывается клапан 41, сжатый газ перепускается в рекуператор 45, где подогревается теплом выпускных газов и через обратный клапан 47 тангенциальным потоком подается в вихревую камеру сгорания 48; через форсунку 49 впрыскивается топливо и происходит его сгорание, обратный клапан 47 закрывается. В конце процесса сжатия давлением газа открывается также клапан 52, и продукты сгорания через канал 51 и горловину клапана поступают в камеру расширения; открытие клапана 41 давлением P_z исключено соединением подпоршневой полости с внутренним объемом газа через канал 46 и возникающим при этом дополнительным закрывающим усилием на поршень 43. После расширения продуктов сгорания они через окно 40 и

газопровод 56 подаются на вход греющего тракта рекуператора 45, отдают тепло сжатому воздуху в нагреваемом тракте и через патрубок 57 выпускаются во внешнюю среду. Действие двигателя внешнего нагрева с замкнутым циклом происходит аналогично; отличие заключается в том, что нагрев в камере 48 происходит через теплообменник от внешнего источника тепла (горелка, концентратор солнечных лучей, ядерный реактор, расплав вещества и др.), а рабочее тело, например, гелий, поступает из патрубка 57 в холодильник и оттуда во впускной патрубок 39.

Предложенные способы работы могут быть реализованы и в объемных двигателях поршневого типа, поршни которых действуют с разностью фаз (V-образные, звездообразные, аксиально-поршневые с расположением цилиндров по окружности, и др. двигатели).

По сравнению с РПД Ванкеля, получившим достаточно широкое применение и известность, предложенные в настоящей заявке силовые установки имеют ряд преимуществ:

- простая конструкция без планетарной кинематики, синхронизирующих передач, эксцентриков, противовесов и др.;
- более высокий механический к.п.д. благодаря разгрузке коренных подшипников и отсутствию эксцентриковой опоры;
- оптимальная форма камеры сгорания, возможны высокие степени сжатия, дизельный цикл и высокий к.п.д.
- возможность агрегатирования, т.е. соединения и работы на один общий вал ряда силовых модулей. Легкий, жесткий и технологичный вал с центральным отверстием допускает размещение в нем вала другого двигателя с противоположным направлением вращения, например, для привода воздушных винтов с контрвращением.
- рекуперация тепла выпускных газов обеспечивает повышение эффективного к.п.д. до 0,6...0,9, т.е. в два раза выше, чем в цикле Дизеля.
- в несколько раз меньшая частота вращения вала, допускающая работу привода без понижающего редуктора и сопутствующих ему механических потерь, увеличения массогабаритных характеристик, усложнения конструкции и снижения надежности.

Относительный недостаток – динамические нагрузки вследствие колебательного движения поршней, определяющие механические потери порядка 5%.

Целесообразно изготовление поршней из высокопрочных легких сплавов и композитов, например, из углекона. Динамические нагрузки могут быть значительно снижены оптимальным выбором радиуса качения между деталями 61,63, поскольку перемещение линии опорного контакта при качании поршня создает дополнительные моменты сил давления газа на поршень, которые, уравнивая инерционные моменты. Наибольший эффект достигается при асимметричном положении линии контакта, когда ось симметрии поршня в его номинальном (без наклона) положении смещена назад по ходу поршня относительно линии контакта. Шарниры с трением качения имеют механический к.п.д. и ресурс примерно в 2 раза выше, чем шарниры с трением скольжения.

Объемная роторная машина

Известна ротационная гидромашина [7], состоящая из корпуса, размещенных в нем замыкателей с сегментными вырезами, ротора с каналами в лопастях, синхронизирующего механизма, включающего солнечную шестерню на роторе и находящиеся в зацеплении с ней шестерни на замыкателях, и устройства для подвода в машину рабочей жидкости.

Известен паровой роторный двигатель Н.Н.Тверского [8], содержащий корпус с торцевыми крышками, в котором на подшипниках установлены ведущий ротор с двумя радиальными выступами и два ведомых ротора с впадинами, взаимодействующими с выступами; устройство газораспределения золотникового типа выполнено на сопряженных торцевых поверхностях ведущего ротора и торцевых крышек. Двигатели Тверского хорошо зарекомендовали себя в практической эксплуатации: они были просты, надежны и долговечны в работе. Однако их широкому применению препятствуют некоторые недостатки:

- сложная система подвода пара через внутренние полости ведущего ротора;
- неудачная форма выступов (зубьев) ведущего ротора, большой заземленный объем во впадинах ведомых роторов, значительные утечки в зазорах между выступами и впадинами.

Целью настоящего изобретения является устранение упомянутых недостатков прототипа т.е. упрощение системы газораспределения, повышение объемного к.п.д., улучшение массогабаритных характеристик.

На FIG. 12 изображена роторная машина в поперечном разрезе, на FIG 13- разрез по E - E на FIG. 14 - вариант двухступенчатой машины, на FIG. 15 – турбокомпрессорный роторный двигатель с предложенной роторной машиной в качестве компрессора и турбины, на FIG. 16 – вариант газораспределительного устройства.

Роторная машина содержит корпус 88 с крышками 89,90, в которых на подшипниках 91 установлены два ведомых ротора 92,93 с впадинами 94 и ведущий ротор 95, имеющий два выступа (зуба) 96. На валах роторов закреплены шестерни синхронизирующей передачи с передаточным отношением 2:1. Выступы ведущего ротора имеют профиль, образованный эквидистантой от эпициклоиды, профили впадин ведомых роторов очерчены дугами окружностей, приближенных к огибающей гипоциклоид; кромки впадин скруглены по радиусу. В корпусе и (или) в торцевых крышках выполнены впускные окна 97 магистрали низкого давления, золотниковое газораспределение магистрали высокого давления содержит окна 98 на внешней цилиндрической поверхности ведомых роторов, соединенные каналами 99 со впадинами 94; каналы выполнены в виде пазов на торцевых стенках впадин. С окнами 98 сопряжены окна 100 в крышках, которые сообщены с патрубками 101 магистрали высокого давления. В расточках корпуса и крышек и на внешних поверхностях ведомых роторов выполнены разгрузочные канавки (или карманы) 102, 103, которые в процессе сжатия (или расширения) сообщены с камерами сжатия 104. Возможен вариант исполнения золотникового газораспределения с окнами на торцевых поверхностях ведомых роторов и крышек.

На FIG.14 приведен двухступенчатый вариант роторной машины в исполнении объемной турбины (расширительной машины). Корпус машины содержит две рабочих полости, разделенные плоской переборкой 105. Входы газа высокого давления в первую ступень выполнены аналогично FIG.12,13. С ротором 95 первой ступени (высокого давления) неподвижно соединен или выполнен за одно целое ротор 106 второй ступени (низкого давления) большей длины. Входы второй ступени выполнены в корпусе и соединены с выходами 107 первой ступени криволинейными каналами 108, расположенными по винтовой линии вокруг корпусных оболочек ведомых роторов; выходы 109 второй ступени тоже выполнены в корпусе. Выступы роторов второй ступени относительно выступов первой смещены (развернуты) на угол β вперед по ходу роторов.

В двухступенчатой машине-компрессоре на входе в винтовые перепускные каналы 108 целесообразна установка управляемых или обратных самодействующих клапанов.

Действует машина, например, компрессор, след. образом: при вращении роторов через окна 97 происходит всасывание газа и сжатие его в камерах 104, сжатый газ через впадины 94, каналы 99, окна 98,100 нагнетается в патрубки 101.

Двухступенчатая расширительная машина на Fig. 14 действует по отношению к компрессору в обратной последовательности, причем после расширения в первой ступени газ через выходы 107 и перепускной канал 108 поступает на вход второй ступени, где происходит продолженное расширение и выпуск газа наружу через патрубки 109. Смещение выступов роторов второй ступени вперед на угол β устраняет разгерметизацию тракта расширения в момент взаимодействия выступов со впадинами ведомых роторов.

Канавки 102,103 обеспечивают разгрузку ведомых роторов от сил давления газа, след. уменьшают деформацию роторов, зазоры в бесконтактных уплотнениях, потери в подшипниках, позволяют увеличить осевую длину рабочих камер и производительность (или мощность) машины. На Fig. 15 изображен роторный двигатель, представляющий собой комбинацию из трех роторных машин, рассмотренных выше, одна из которых является компрессором, вторая – объемной турбиной (расширительной машиной), третья – турбиной продолженного расширения. Он содержит корпус 110, разделенный в осевом направлении крышками и плоскими переборками 105 (на Fig. 15 не изображены) на три рабочих полости, в которых на общем валу установлены ведущие роторы компрессора 111, турбины первой ступени 112, турбины второй ступени 113, ведомые роторы 114, 115, на внешних концах валов роторов зафиксированы синхронизирующие шестерни 116, 117, 118. Выступы зубьев турбины второй ступени смещены относительно выступов первой ступени на угол β вперед по ходу роторов, выступы турбины первой ступени тоже опережают по фазе выступы ротора компрессора. Выпускные окна турбины первой ступени соединены каналами винтовой формы 119 с входными окнами в корпусе турбины второй ступени. С корпусом герметично соединены или выполнены за одно целое две предкамеры 120,121, с установленными в них противоточными теплообменниками-рекуператорами 122, греющий тракт которых через патрубки 123 соединен с выпускными патрубками турбины второй ступени; а посредством

патрубков 124 - с внешней атмосферой или с холодильником (при замкнутом цикле работы). Теплообменники могут быть любой известной конструкции; оптимальным представляется исполнение их из жаропрочной ленты с мелкими рифлениями, сложенной зигзагообразно ("гармошкой") подобно Fig . 10 , торцы складок герметично попарно соединены между собой и образуют открытые с периферии полости греющего тракта, между которыми расположены полости нагреваемого тракта с торцевыми входами, соединенными с выходами компрессора, и с выходами, сообщаемыми через газораспределительные устройства (например, через обратные клапаны 125) со входами камер нагрева 126 в виде тангенциально расположенных относительно камер патрубков 127. В камерах установлены топливные форсунки 128 и (или) свечи зажигания (рабочий цикл Дизеля или карбюраторного двигателя), или другое средство нагрева в виде теплообменника с внешним подводом тепла, например, от горелки (подобно двигателю Стирлинга), от солнечного концентратора, ядерного теплогенератора . Выпускные патрубки 129 камеры нагрева тоже расположены тангенциально и соединены с впускными окнами 130 турбин первой ступени. Турбина двигателя может быть одноступенчатой, выбор варианта уточняется в процессе оптимизации конструкции.

Клапаны 125 могут быть управляемыми, например, от кулачкового привода, или в виде золотникового распределителя, вариант которого изображен на Fig. 16. На ведомых роторах 115 выполнены перепускные каналы 131, соединенные через патрубки 132 с патрубками 127, и выходами 133 – с камерами нагрева 126.

При вращении роторов воздух сжимается в компрессоре, подогревается теплом выпускных газов в предкамерах 120, 121 с рекуператорами 122 и через обратные клапаны 125 поступает в камеры 126 после того момента, когда давление в камере нагрева в процессе расширения ранее поступившего и нагретого воздушного заряда снизится до величины меньшей, чем в предкамерах; происходит прямоточно-вихревая продувка камеры нагрева; причем продукты нагрева практически полностью вытесняются из камеры через патрубки 129 и окна 130 в турбину первой степени с ротором 112; продувка заканчивается после закрытия окон 130; через форсунку 128 впрыскивается топливо, смесь воспламеняется и сгорает до начала процесса расширения, который начинается непосредственно перед продувкой. Таким образом, обеспечена большая фазовая длительность процесса сгорания (порядка 150° поворота ведущего ротора вместо обычных ~30°), что необходимо

для качественного и полного сгорания в сверхбыстроходном двигателе. Конструктивно этот способ работы двигателя обеспечен разворотом выступов ротора турбины относительно выступов компрессора вперед по ходу роторов. После расширения в турбине первой, затем второй ступени выпускные газы через патрубки 123, 124 проходят греющий тракт рекуператоров 122 и выходят в атмосферу или через холодильник возвращаются в начало цикла, т.е. на вход компрессора.

Рабочие поверхности греющего тракта рекуператора могут быть покрыты нейтрализующими вредные и токсичные примеси составами, повышающими экологичность двигателя, кроме того, рекуператор выполняет функции глушителя шума.

Размещение в камере нагрева теплообменника с внешним подводом тепла преобразует двигатель внутреннего сгорания в двигатель внешнего нагрева с присущими ему достоинствами: экологичность, многотопливность, возможность применения в космосе, под водой и др.

Технико-экономическая эффективность предложения обеспечена гармоничным сочетанием и взаимодействием в нем наиболее прогрессивных направлений эволюции двигателестроения:

- чисто вращательное движение роторов, бесконтактные уплотнения позволяют реализовать высокие скорости рабочих органов – порядка 100 м/с, что невозможно для поршневых двигателей; отказаться от смазки в рабочих камерах,
- отсутствие смазки в камерах позволяет выполнить двигатель без охлаждения с адиабатным режимом работы;
- неохлаждаемый двигатель допускает исполнение из жаропрочной керамики с низким коэффициентом теплового расширения (КТР), что обеспечивает минимальные зазоры и эффективность бесконтактных уплотнений;
- рекуперация тепла выпускных газов совместно с факторами, приведенными выше, обеспечивает эффективный к.п.д. порядка 0,6...0,9 т.е. в 2 раза выше, чем у дизеля,
- уникальны массогабаритные характеристики двигателя (удельная масса может быть меньше 0,1 кг/кВт).

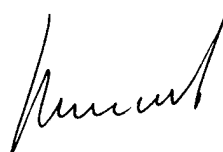
Например, двигатель, поперечные размеры которого соответствуют Fig. 12, может реализовать мощность ~ 50 кВт.

Таким образом, инновация обладает стратегической перспективой и способна вытеснить традиционные энергосистемы во многих областях теплоэнергетики, включая авиацию и промышленные электростанции.

Источники информации

1. Патент России 2041360. 6 F01C 1/00.
2. Авт. свид. № 1242629 F01C 1/44 "Лопастной мотор".
3. Е.И.Акатов и др. Судовые роторные двигатели.: Судостроение, 1967, стр.12, рис. 2,в.
4. Г.Уокер. Двигатели Стирлинга. Москва, Машиностроение. 1985, Стр. 276. Рис.12.4.
5. В.П.Алексеев и др. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа... Москва. Машиностроение. 1990. Стр.259.
6. В.П.Алексеев и др. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа... Москва. Машиностроение. 1990. Стр. 277, 278.
7. Авт. свид. СССР № 165053 F01C 1/30.
8. Акатов Е.И. и др. Судовые роторные двигатели; «Судостроение». Ленинград. 1967. Стр. 19...23. Рис. 3и.

Автор

 П.С.Владимиров

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Объемная машина, содержащая корпус с подвижными рабочими органами, образующими камеры сжатия, нагрева и расширения, впускные и выпускные патрубки, отличающаяся тем, что в корпусе выполнена предкамера, соединенная с камерами сжатия и нагрева газораспределительными устройствами, камера нагрева снабжена с средством воспламенения и(или) устройством подачи топлива, или устройством внешнего подвода тепла и соединена посредством газораспределительных устройств с камерой расширения.

1.1. Объемная машина по п.1, отличающаяся тем, что в предкамере установлен теплообменник-рекуператор, вход греющего тракта которого соединен с выпускным патрубком машины, а выход последовательно соединен с холодильником и впускным патрубком машины или с внешней атмосферой.

2. Способ работы объемной тепловой машины, включающий процессы наполнения камеры сжатия, сжатия газа, перепуска в камеру нагрева и подвода к нему тепла, перепуска в камеру расширения, его расширения и выпуска, отличающийся тем, что газ сжимают до давления больше давления в камере нагрева, перепускают его в камеру нагрева с одновременным вытеснением из последней ранее нагретого газа, отсоединяют камеру нагрева от камер сжатия и расширения, подводят тепло к рабочему телу (газу), соединяют камеру нагрева с камерой расширения и осуществляют предварительное расширение до давления меньше, чем в камере сжатия, с вытеснением газа из камеры нагрева в камеру расширения свежим зарядом, отсоединяют камеру расширения от камеры нагрева и осуществляют последующее расширение и выпуск.

3. Способ работы объемной тепловой машины, включающий процессы наполнения камеры сжатия, сжатия газа, перепуска его в рекуператор и подогрева теплом выпускных газов, перепуска газа в камеру нагрева с дополнительным подводом тепла, последующим расширением и выпуском в греющий тракт рекуператора, перепуска в холодильник (или в атмосферу), затем в камеру сжатия, отличающийся тем, что в конце процесса сжатия камеру нагрева соединяют с предкамерой, последнюю соединяют с камерой сжатия и перепускают из нее сжатый газ в предкамеру, а подогретый газ из предкамеры в камеру нагрева с вытеснением нагретого ранее газа из камеры нагрева в камеру расширения, отсоединяют камеру нагрева от камеры расширения и предкамеры, подводят тепло

к рабочему телу, затем соединяют камеру нагрева с камерой расширения и расширяют газ до давления меньше, чем в предкамере, затем подогретым в предкамере зарядом вытесняют нагретый газ из камеры нагрева в камеру расширения, отсоединяют последнюю от камеры нагрева и осуществляют последующее расширение и выпуск нагретого газа.

4. Роторно-поршневая машина, содержащая корпус с рабочей поверхностью и ротор с шарнирно соединенными с ним пластинами-поршнями, сопряженными с рабочей поверхностью, отличающаяся тем, что рабочая поверхность расположена внутри или снаружи корпуса, выполнена волнообразной в окружном направлении и сопряжена с двумя скругленными и расположенными по обе стороны от шарнирного соединения кромками каждого поршня.

4.1. Роторно-поршневая гидромашина по п.1, отличающаяся тем, что внутри ротора размещен цапфовый распределитель, соединенный через каналы в шарнирном соединении с рабочими камерами.

4.2. Четырехтактный роторно-поршневой двигатель по п.4, отличающийся тем, что в выступах внутренней рабочей поверхности или во впадинах внешней поочередно расположены окна газообмена и средства воспламенения.

4.3. Роторно-поршневая машина по п.4, отличающаяся тем, что на пластинах-поршнях выполнены ребра, ротор выполнен с кронштейнами, имеющими внутренние и внешние полости, соединенные между собой через межреберные каналы поршней, причем внутренние полости через отверстия в крышке корпуса соединены с источником охлаждающей среды (воздуха), а внешние – с наружной средой.

4.4. Шарнирное соединение поршня с ротором машины, отличающееся тем, что в поршне и кронштейне ротора установлены вкладыши, по меньшей мере один из которых имеет выпуклую опорную поверхность, сопряженную с возможностью качения с опорной поверхностью другого вкладыша.

5. Роторно-поршневой двигатель, содержащий корпус с впускными и выпускными окнами, с камерами сжатия, нагрева и расширения, отличающийся тем, что в корпусе установлен рекуператор - теплообменник, вход нагреваемого тракта которого через впускной клапан соединен с камерой сжатия, выход его через обратный клапан сообщен с камерой нагрева в виде теплообменника с внешним подводом тепла или камеры сгорания с топливной форсункой и(или) средством воспламенения, камера нагрева через выпускной клапан соединена с камерой

расширения, выпускные окна через греющий тракт рекуператора сообщены с внешней средой или через холодильник с впускными окнами двигателя.

✓ 5.1. Роторно-поршневая машина по п.5, отличающаяся тем, что впускной клапан снабжен упругим элементом и дополнительным поршнем, надпоршневая полость которого сообщена со входом нагреваемого тракта рекуператора, подпоршневая полость в процессе сжатия сообщена с камерой сжатия, а в верхней мертвой точке – с внутренней полостью корпуса; выпускной клапан выполнен в виде обратного клапана с упругим элементом и с приводом открытия давлением в камере сжатия

6. Уплотнение поршня роторно-поршневой машины, содержащее установленные в канавках с пружинами радиальные и торцевые пластины и штифты в стыках между ними, отличающееся тем, что штифты выполнены с расположенными в пазах поршня радиальными выступами, концы которых обработаны по контуру скругленных кромок поршней.

7. Устройство смазки роторно-поршневой машины, содержащей статор и ротор, отличающееся тем, что в статоре выполнено отверстие с подвижным шариком, выступающим над рабочей поверхностью статора и сопряженным с наклонными фасками на кромках ротора.

8. Объемная роторная машина, содержащая корпус с торцевыми крышками, в котором с возможностью разнонаправленного вращения установлены ведущий ротор с радиальными выступами и ведомые роторы со впадинами, сопряженными с выступами, золотниковые газораспределительные окна магистралей высокого и низкого давления, отличающаяся тем, что окна магистрали высокого давления выполнены на сопряженных поверхностях ведомых роторов и крышек, причем окна ведомых роторов соединены каналами со впадинами.

8.1. Роторная машина по п.8, отличающаяся тем, что на сопряженных поверхностях ведомых роторов и расточек корпуса с крышками выполнены разгрузочные канавки или карманы, соединенные со впадинами ведомых роторов.

8.2. Роторная машина по п.8, отличающаяся тем, что она содержит, по меньшей мере, две ступени высокого и низкого давления, выходы и входы которых соединены перепускными каналами винтовой формы, в которых у машины-компрессора установлены клапаны; ведущие роторы ступеней расположены соосно, причем выступы ротора второй ступени смещены вперед по ходу роторов относительно выступов ротора первой ступени.

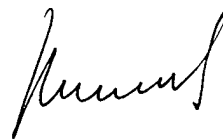
9. Тепловой двигатель, содержащий компрессор и турбину, отличающийся тем, что компрессор и турбина выполнены в виде объемных роторных машин по п. 8,8.1, патрубки высокого давления которых соединены с камерой, снабженной средством нагрева в виде топливной форсунки и(или) средства воспламенения, или нагревателем с внешним подводом тепла, а выступы ротора турбины смещены относительно выступов ротора компрессора вперед по ходу роторов.

9.1. Тепловой двигатель по п.9, отличающийся тем, что с выходом компрессора и посредством газораспределительных устройств с камерой нагрева соединена предкамера с расположенным в ней теплообменником-рекуператором, греющий тракт которого соединен с выпускным патрубком турбины и внешней атмосферой или через холодильник с впускным патрубком компрессора.

10. Теплообменник-рекуператор с теплообменным элементом в виде гофрированной пластины, отличающийся тем, что гофры выполнены с дополнительными рифлениями, расположенными в смежных гофрах под углом друг к другу, причем гофры сжаты между собой до соприкосновения рифлений.

11. Нагреватель, содержащий теплообменные секции с греющим и нагреваемыми теплоносителями, отличающийся тем, что секции с греющим теплоносителем соединены последовательно и каждая из них снабжена теплогенератором, а секции с нагреваемым теплоносителем соединены параллельно, причем теплообменные поверхности нагревателя или рекуператора, обтекаемые продуктами сгорания, покрыты нейтрализующими токсичные компоненты газа составами (веществами).

Автор



П. С. Владимиров

1/6

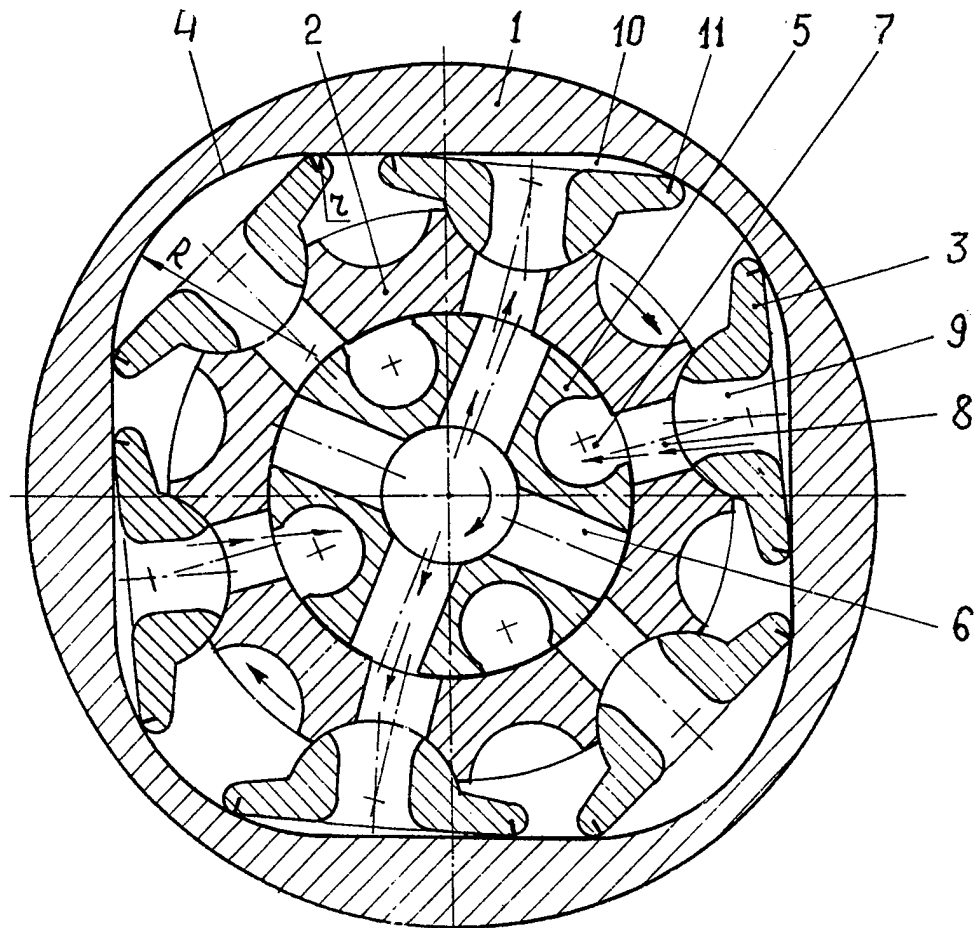
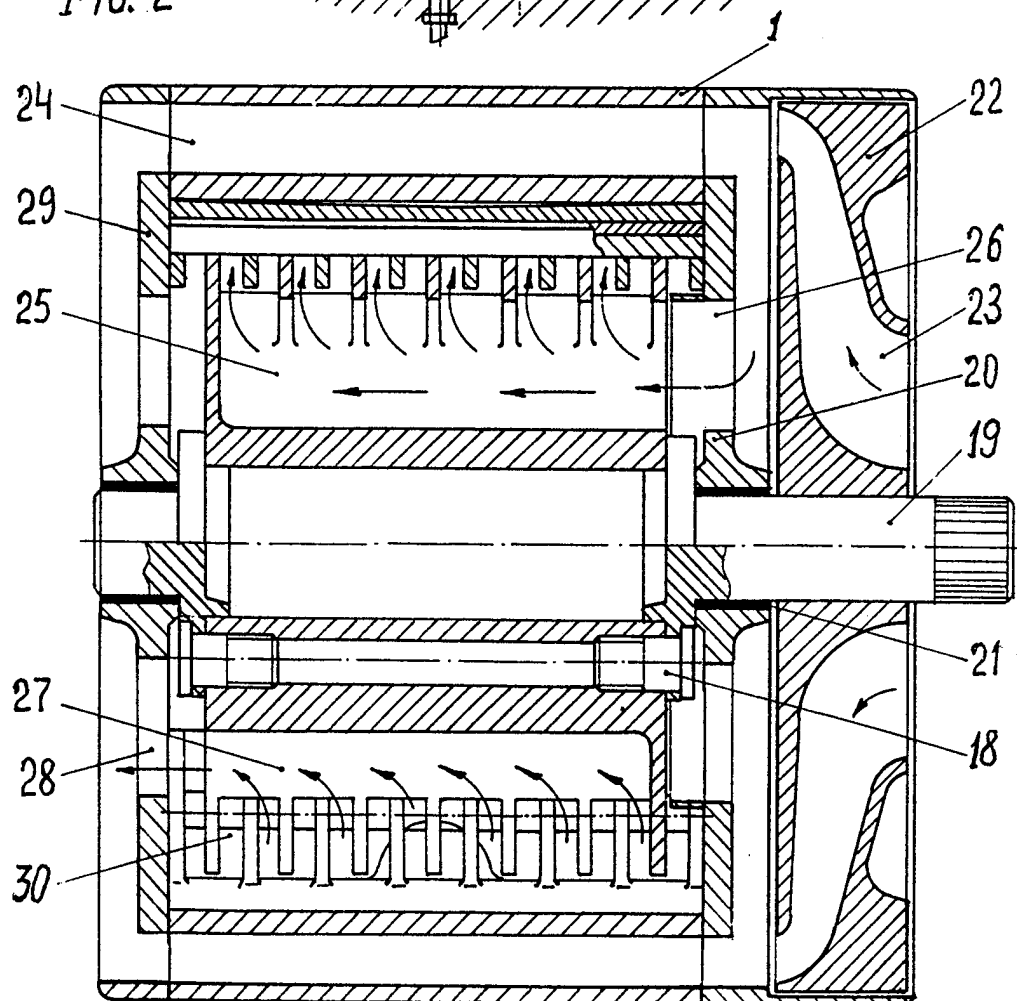
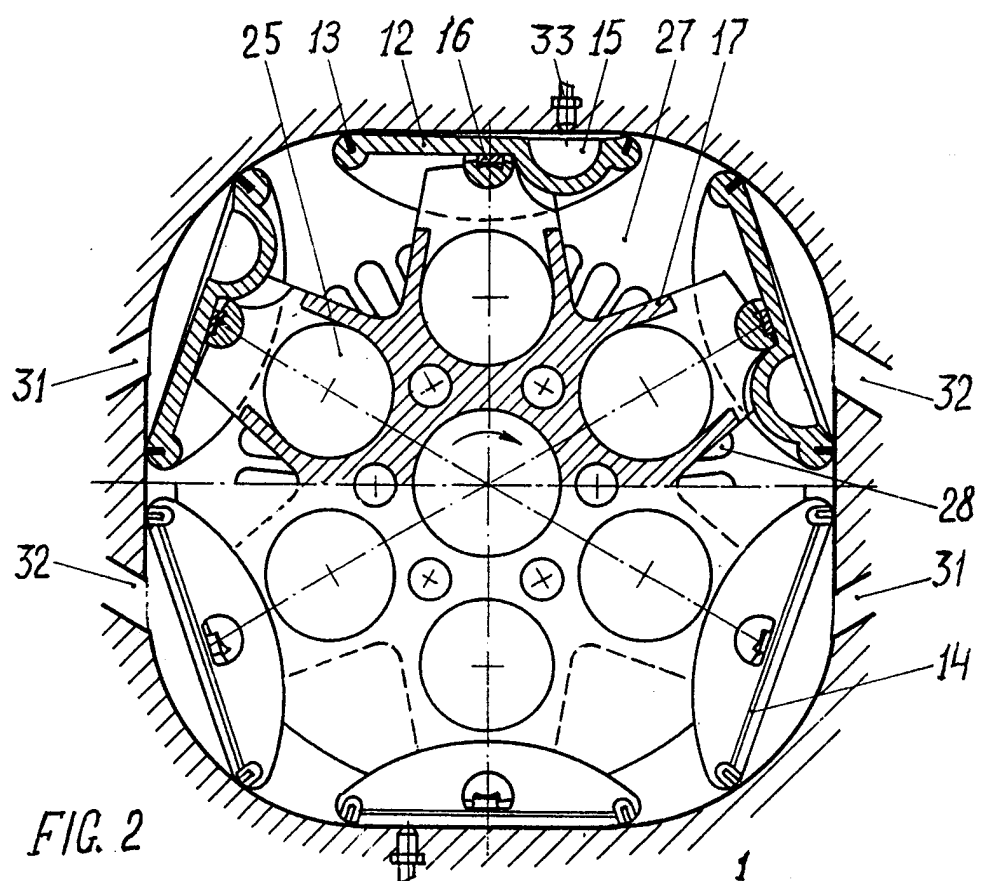
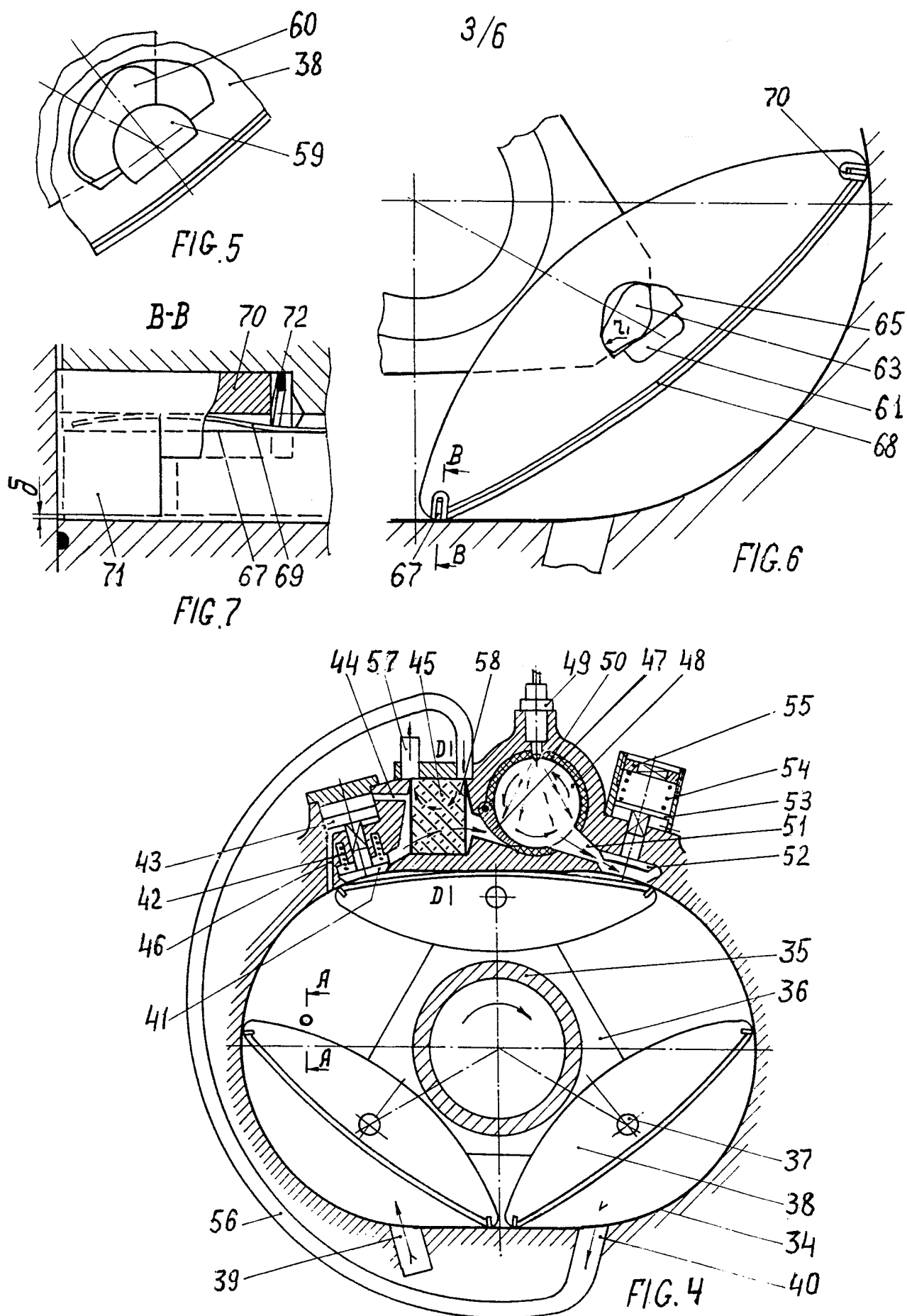


FIG 1

2/6





4/6

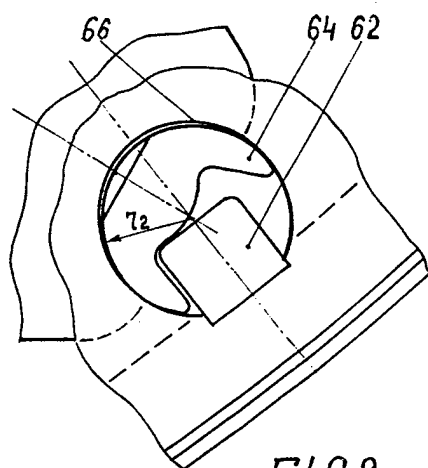


FIG. 8

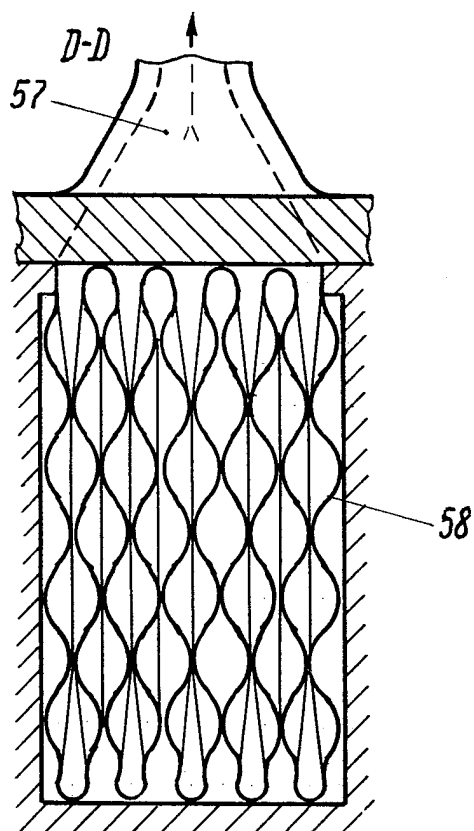


FIG. 10

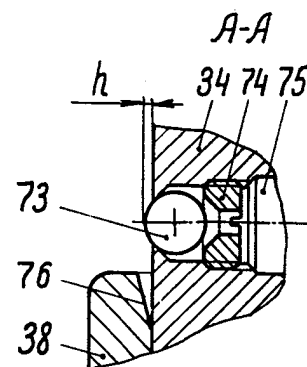


FIG. 9

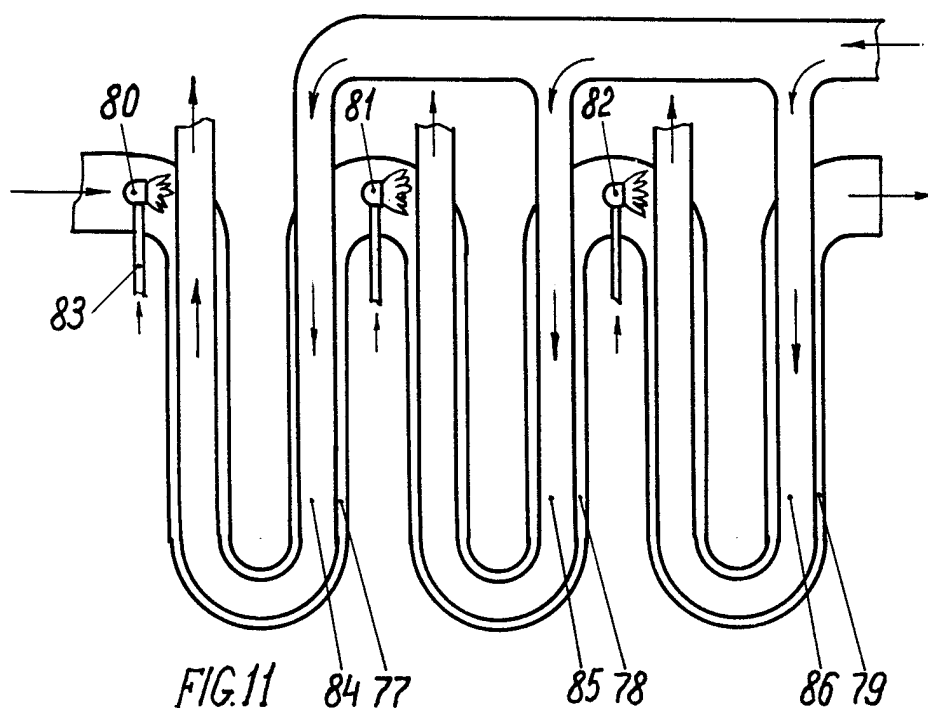
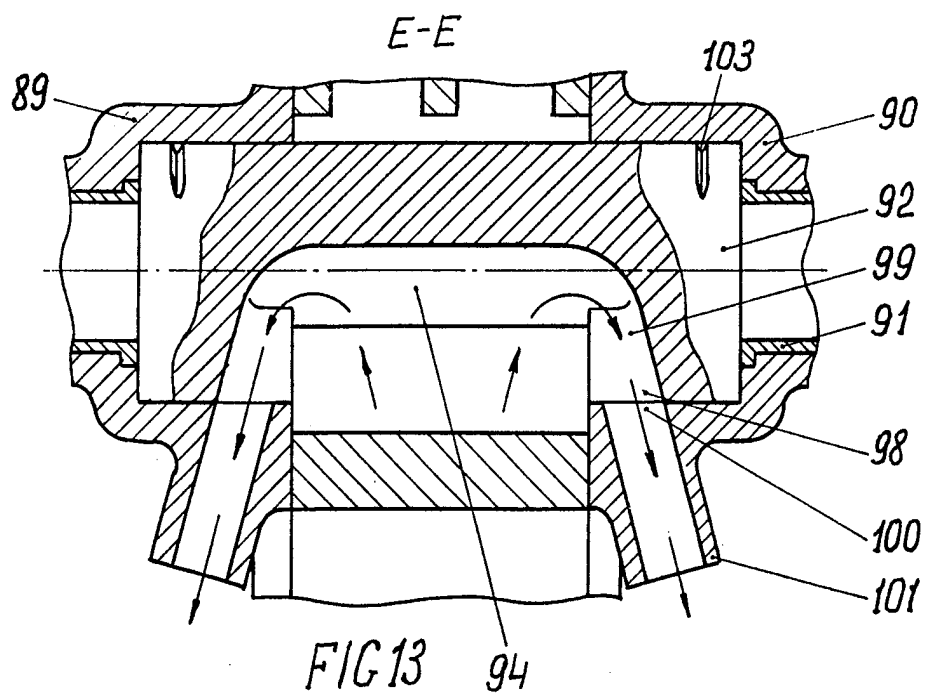
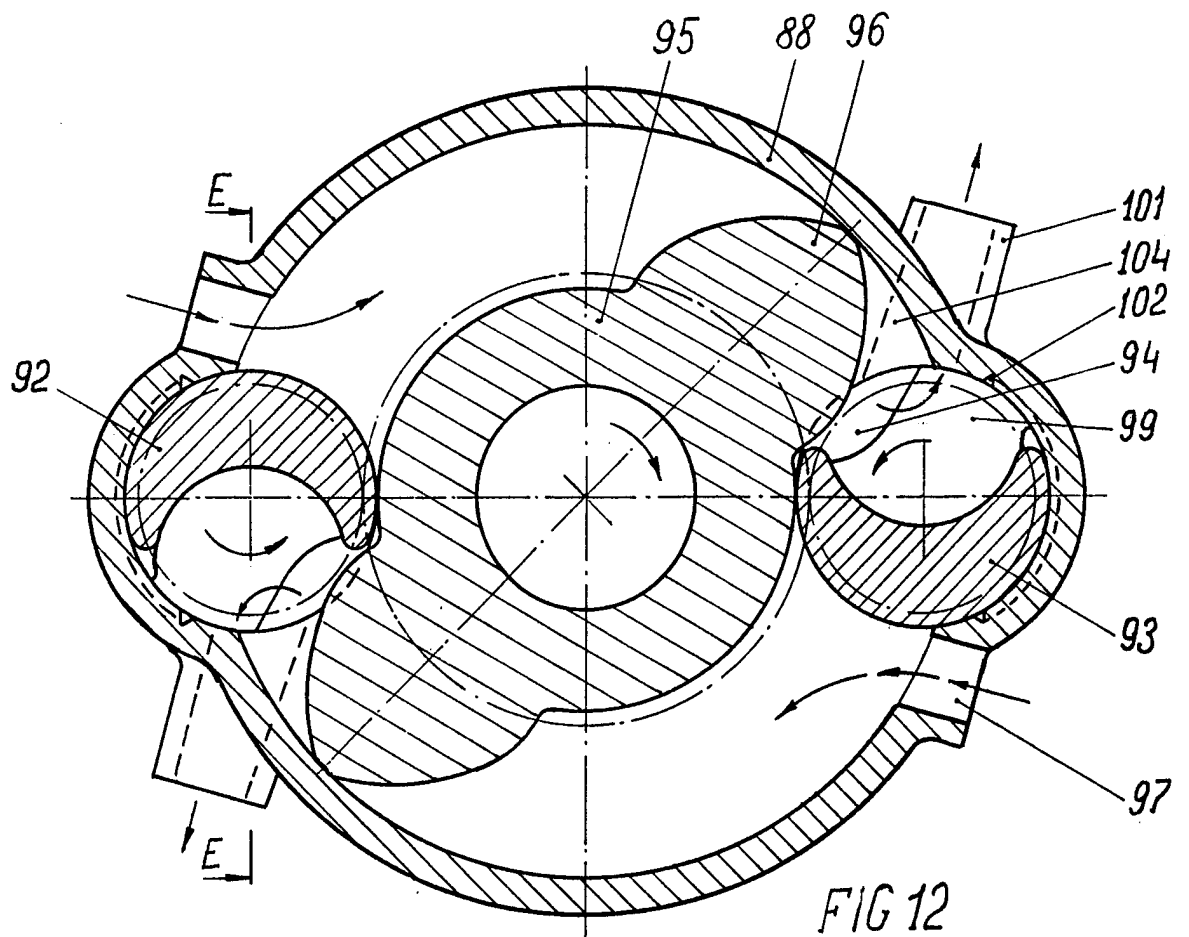


FIG. 11

5/6



6/6

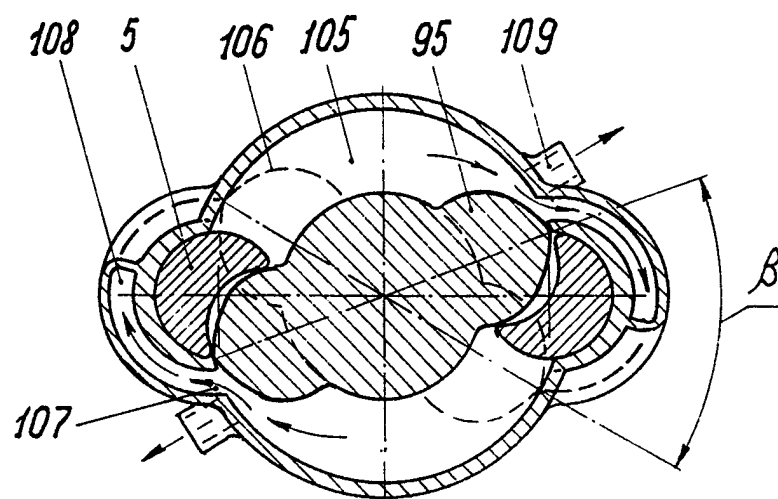
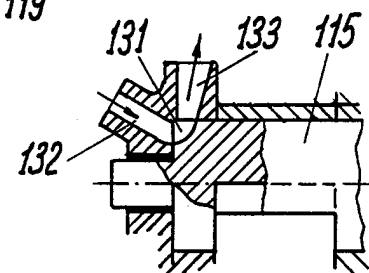
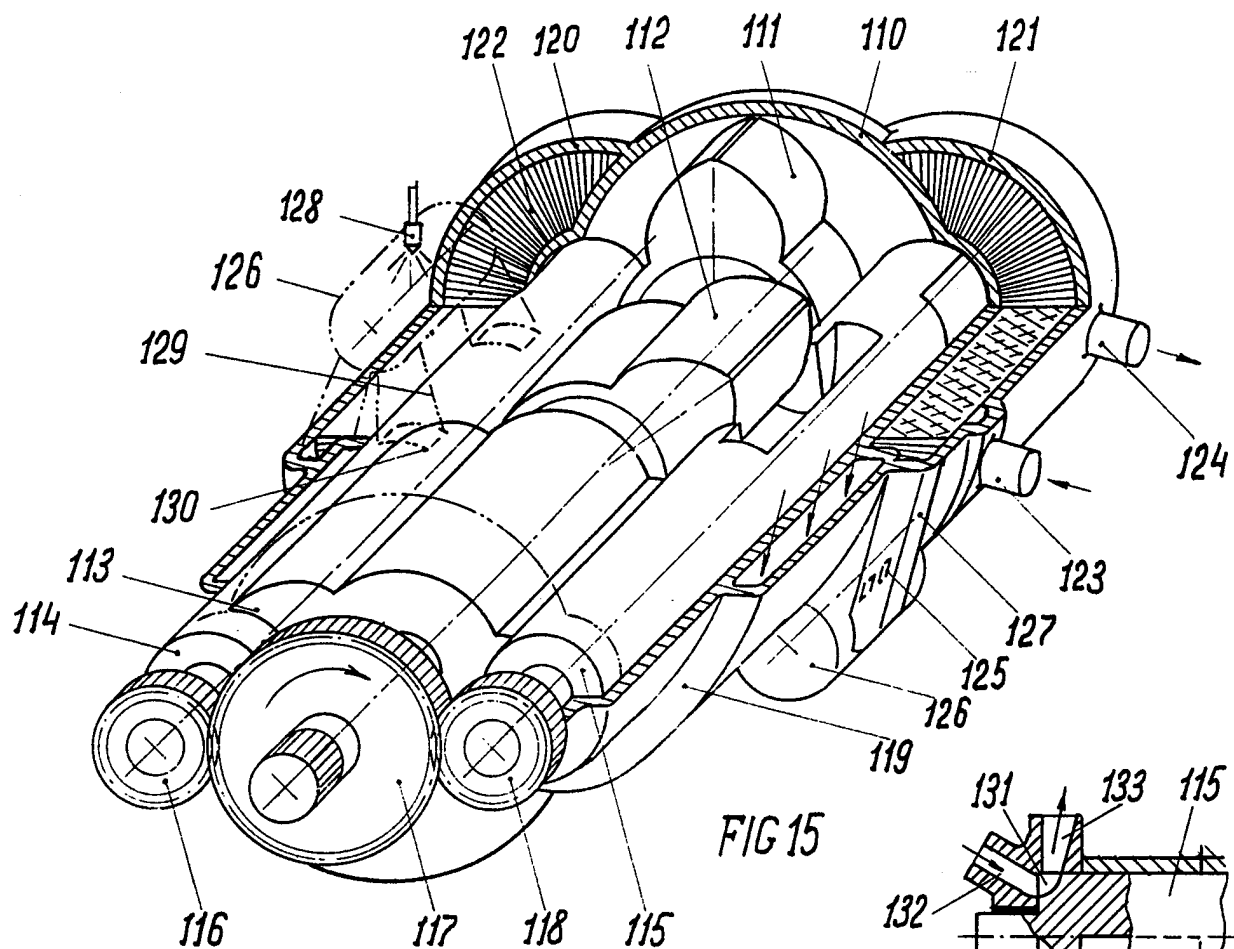


FIG 14