

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2425992

**ДВИГАТЕЛЬ С РАСЩЕПЛЕННЫМ ЦИКЛОМ
(ВАРИАНТЫ)**

Патентообладатель(и): *ДЗЕ СКАДЕРИ ГРУП, ЭлЭлСи (US)*

Автор(ы): *ХИТОН Клиффорд Д. (US)*

Заявка № 2009113472

Приоритет изобретения 11 сентября 2006 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 августа 2011 г.

Срок действия патента истекает 04 сентября 2027 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

Б.Л. Симонов



(51) МПК
F02B 41/00 (2006.01)
F02B 33/06 (2006.01)
F02B 61/04 (2006.01)
F02B 75/22 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009113472/06, 04.09.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 04.09.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
 11.09.2006 US 11/518,828

(43) Дата публикации заявки: 20.10.2010 Бюл. № 29

(45) Опубликовано: 10.08.2011 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: RU 2167315 C2, 20.05.2001. SU 128231 A1,
 10.10.1960. RU 2079677 C1, 20.05.1997. US
 4186561 A, 05.02.1980. US 1962530 A,
 12.06.1934.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
 национальной фазе: 13.04.2009

(86) Заявка РСТ:
 US 2007/019458 (04.09.2007)

(87) Публикация заявки РСТ:
 WO 2008/033254 (20.03.2008)

Адрес для переписки:

119034, Москва, Пречистенский пер., 14,
 стр.1, 4 этаж, "Гоулингз Интернэшнл Инк.",
 В.Н. Дементьеву

(72) Автор(ы):

ХИТОН Клиффорд Д. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ДЗЕ СКАДЕРИ ГРУП, ЭлЭлСи (US)

RU 2 4 2 5 9 9 2 C 2

(54) ДВИГАТЕЛЬ С РАСЩЕПЛЕННЫМ ЦИКЛОМ (ВАРИАНТЫ)

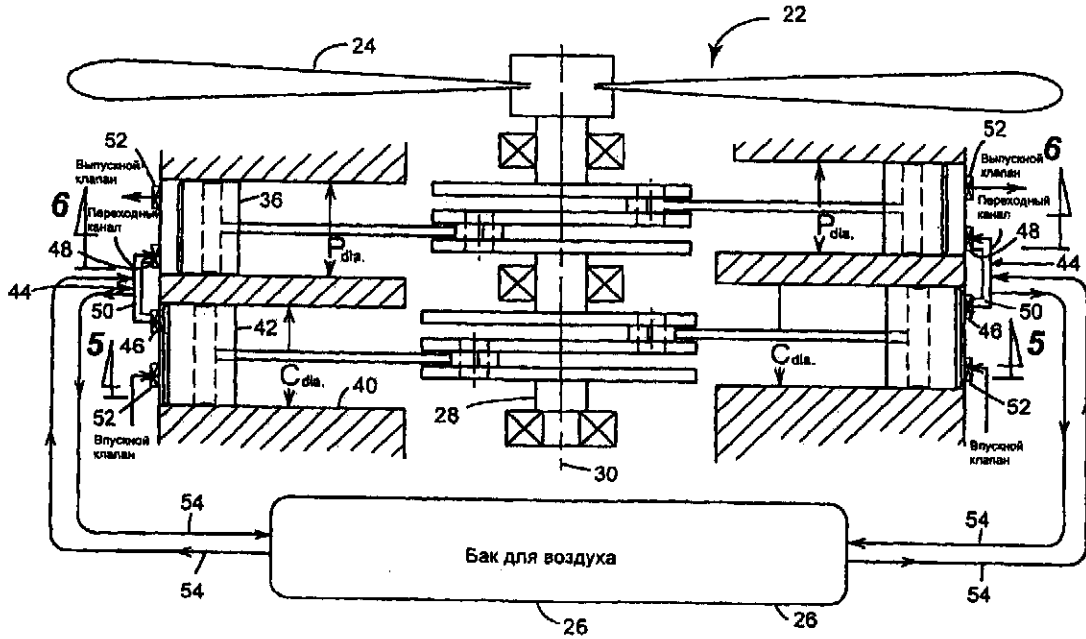
(57) Реферат:

Изобретение относится к двигателям с расщепленным циклом, а более конкретно к авиационным двигателям. Авиационный двигатель с расщепленным циклом содержит: коленчатый вал (28), силовой цилиндр (34), соединенный с цилиндром сжатия (40) газовым переходным каналом (44), силовой поршень (36), поршень сжатия (42) и клапаны (52). Двигатель установлен на самолете, внутри которого расположен воздушный резервуар (26). При одном обороте

коленчатого вала (28) силовой поршень (36) совершает рабочий такт и такт выпуска, а поршень сжатия (42) - такт впуска и такт сжатия. Газовый переходный канал (44) содержит впускной (46) и выпускной (48) клапаны, образующие между собой напорную камеру (50). Воздушный резервуар (26) соединен с напорной камерой (50) при помощи резервуарного канала (54). Соединение расположено между впускным (46) и выпускным (48) клапанами. Воздушный резервуар (26) избирательно получает сжатый

воздух из цилиндра сжатия (40) и выпускает сжатый воздух в силовой цилиндр (40). Клапаны (52) управляют вводом и выводом газового потока в цилиндр сжатия (42), силовой цилиндр (34) и воздушный резервуар (26). Двигатель выполнен с возможностью работы в режиме высокого давления (НР), при котором цилиндр сжатия (40) работает как силовой цилиндр, имеющий рабочий такт и такт выхлопа. Так же в изобретении представлен звездообразный

двигатель с расщепленным циклом, содержащий равное множество силовых цилиндров (134) и цилиндров сжатия (140). Цилиндры (134, 140) радиально расположены вокруг коленчатого вала (128). Блок цилиндров сжатия (138) смежен по оси с блоком силовых цилиндров (132). Технический результат заключается в создании конструкции двигателя, позволяющего хранить и подавать сжатый воздух на двигатель или к другим компонентам самолета. 2 н. и 20 з.п.ф.-лы, 12 ил.



Фиг. 4

RU 2425992 C2

RU 2425992 C2

Область техники

Настоящее изобретение в общем имеет отношение к двигателям с расщепленным циклом, а более конкретно к авиационным двигателям с расщепленным циклом.

Уровень техники

5 Термин «двигатель с расщепленным циклом», используемый в описании настоящего изобретения, еще не имеет постоянного значения (смысла), обычно используемого специалистами в области конструирования двигателей. В связи с этим, для большей ясности, далее приводится определение термина «двигатель с
10 расщепленным циклом», которое может быть применено как к известным ранее двигателям, так и к двигателям в соответствии с настоящим изобретением.

Двигатель с расщепленным циклом в соответствии с этим определением содержит: коленчатый вал, выполненный с возможностью вращения относительно своей оси; силовой поршень, введенный в силовой цилиндр с возможностью скольжения и
15 соединенный с коленчатым валом, так что силовой поршень совершает возвратно-поступательное движение в течение рабочего такта (или такта расширения) и такта выпуска, при одном обороте коленчатого вала;

поршень сжатия, введенный в цилиндр сжатия с возможностью скольжения и
20 соединенный с коленчатым валом, так что поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия, при одном обороте коленчатого вала; и

газовый канал, соединяющий силовой цилиндр и цилиндр сжатия, причем газовый канал содержит впускной клапан и выпускной (или переходный) клапан, образующие
25 между собой напорную камеру.

4 В патентах США №№ 6543225, 6609371 и 6952923 описаны примеры двигателей внутреннего сгорания с расщепленным циклом. В этих патентах содержится большой список патентов США и других патентов и публикаций, использованных в качестве
30 аналогов при выдаче указанных патентов. Термин «двигатель "с расщепленным циклом"» использован для этих двигателей потому, что они фактически расщепляют четыре такта обычного цикла Отто (давление/объем (то есть такт впуска, такт сжатия, рабочий такт и такт выпуска) между двумя цилиндрами, из которых один предназначен для такта сжатия высокого давления, а другой цилиндр предназначен
35 для рабочего такта высокого давления.

Уже известно использование в авиационных применениях звездообразных (радиальных) авиационных двигателей. Например, звездообразные двигатели широко использовали на самолетах во время Второй мировой войны, а также в более ранних
40 моделях гражданских самолетов. Звездообразные двигатели все еще используют в настоящее время на некоторых винтовых самолетах.

Звездообразные двигатели отличаются от других обычных двигателей внутреннего сгорания, таких как однорядные двигатели и V-образные двигатели, по расположению цилиндров двигателя.

45 В звездообразном двигателе цилиндры и соответствующие поршни расположены радиально по кругу вокруг коленчатого вала двигателя.

Звездообразные двигатели являются предпочтительными для авиационных применений, так как они позволяют получать большие мощности, имеют
50 относительно низкие максимальные обороты двигателя (об/мин), исключают необходимость использования редуктора для привода пропеллера (воздушного винта), причем в них может быть использовано воздушное охлаждение, что устраняет необходимость применения водяной системы охлаждения.

Несмотря на то, что звездообразные двигатели являются надежными авиационными двигателями и более дешевыми, чем другие типы авиационных двигателей, использование звездообразных двигателей на самолетах значительно уменьшилось. Обычные звездообразные двигатели являются относительно шумными и потребляют больше масла, чем двигатели других конструкций. Кроме того, обычные звездообразные двигатели имеют такую конструкцию, в которой масло необходимо сливать из нижних цилиндров, когда двигатель не используют. Это масло следует удалять из цилиндров за счет проворота двигателя вручную ранее запуска двигателя, что неудобно для летчика или бригады наземного обслуживания.

Уже известно также использование в авиационных применениях двигателей с противоположащими (оппозитными) цилиндрами, для привода воздушных винтов самолета. Двигатели с противоположащими цилиндрами отличаются от других двигателей внутреннего сгорания тем, что цилиндры двигателя расположены горизонтально напротив друг друга.

Двигатели с противоположащими цилиндрами являются более компактными и имеют более низкий центр тяжести, чем другие конфигурации двигателей. Двигатели с противоположащими цилиндрами, как и звездообразные двигатели, потенциально могут иметь воздушное охлаждение, что устраняет необходимость применения отдельной системы охлаждения двигателя и, следовательно, снижает полный вес двигателя. Следовательно, двигатели с противоположащими цилиндрами подходят для авиационных применений. Двигатели с противоположащими цилиндрами также являются хорошо сбалансированными, так как каждое количество движения поршня уравнивается соответствующим движением находящегося напротив него другого поршня. Это снижает или может даже исключить необходимость балансировки вала или необходимость использования противовесов на коленчатом валу, что дополнительно снижает полный вес двигателя.

Двигатели с противоположащими цилиндрами, однако, являются еще более шумными, чем другие конфигурации двигателей, такие как V-образные двигатели и однорядные двигатели. Кроме того, двигатели с противоположащими цилиндрами труднее установить в отсеке двигателя, так как двигатели с противоположащими цилиндрами имеют большую ширину, чем другие конфигурации двигателей.

Кроме того, в авиации широко используют для различных целей сжатый воздух. Однако обычные самолеты не имеют удобного и эффективного источника сжатого воздуха, что не позволяет реализовать потенциальную потребность использования сжатого воздуха.

40 Сущность изобретения

В соответствии с настоящим изобретением предлагаются различные конструкции двигателей с расщепленным циклом для винтовых самолетов, которые позволяют хранить сжатый воздух и вновь подавать сжатый воздух на двигатель или к другим компонентам самолета.

45 В соответствии с первым вариантом осуществления настоящего изобретения предлагается воздушный гибридный авиационный двигатель с расщепленным циклом, который содержит коленчатый вал, выполненный с возможностью вращения относительно оси коленчатого вала. Силовой поршень введен в силовой цилиндр с возможностью скольжения и оперативно соединен с коленчатым валом, так что силовой поршень совершает возвратно-поступательное движение в течение рабочего такта и такта выпуска, при одном обороте коленчатого вала. Поршень сжатия введен в цилиндр сжатия с возможностью скольжения и оперативно соединен с коленчатым

валом, так что поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия, при одном обороте коленчатого вала. Газовый переходный канал оперативно соединяет цилиндр сжатия и силовой цилиндр. Газовый переходный канал содержит впускной клапан и выпускной клапан, образующие напорную камеру между собой. Воздушный резервуар оперативно соединен с напорной камерой при помощи резервуарного канала, расположенного между впускным клапаном и выпускным клапаном напорной камеры. Воздушный резервуар избирательно работает для приема сжатого воздуха из цилиндров сжатия и для подачи сжатого воздуха в силовые цилиндры, для использования при передаче мощности на коленчатый вал во время работы двигателя. Воздушный резервуар также позволяет подавать сжатый воздух на другие компоненты самолета. Клапаны избирательно управляют вводом газового потока в цилиндры сжатия и силовые цилиндры и воздушный резервуар и выводом газового потока из них. Воздушный резервуар расположен внутри самолета. При необходимости, воздушный резервуар может быть расположен в крыле самолета, в хвостовой части фюзеляжа самолета, или в том и другом месте. Другие места расположения воздушного резервуара не выходят за рамки настоящего изобретения.

В соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения предлагается двигатель с расщепленным циклом с противоположащими цилиндрами, который может быть использован в авиационных применениях. Двигатель с расщепленным циклом с противоположащими цилиндрами позволяет воспламенить топливную смесь в силовых цилиндрах один раз за оборот коленчатого вала, а не один раз за два оборота, и позволяет сжимать заряд воздуха в цилиндрах сжатия во время каждого оборота коленчатого вала. Двигатель с расщепленным циклом с противоположащими цилиндрами также позволяет использовать цилиндры сжатия большего диаметра по сравнению с силовыми цилиндрами, чтобы увеличивать объем воздуха, всасываемого в двигатель, что позволяет производить наддув двигателя без использования внешнего нагнетателя.

Более конкретно, двигатель с расщепленным циклом с противоположащими цилиндрами в соответствии с настоящим изобретением содержит коленчатый вал, выполненный с возможностью вращения относительно оси коленчатого вала. Двигатель с расщепленным циклом с противоположащими цилиндрами содержит пару противоположащих силовых цилиндров на каждой стороне коленчатого вала. Каждый силовой поршень введен с возможностью скольжения в соответствующий силовой цилиндр и соединен с коленчатым валом, так что каждый силовой поршень совершает возвратно-поступательное движение в течение рабочего такта и такта выпуска, при одном обороте коленчатого вала. Двигатель с расщепленным циклом с противоположащими цилиндрами также содержит пару противоположащих цилиндров сжатия на каждой стороне коленчатого вала. Каждый поршень сжатия введен с возможностью скольжения в соответствующий цилиндр сжатия и оперативно соединен с коленчатым валом, так что каждый поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия, при одном обороте коленчатого вала. Газовый переходный канал соединяет каждый цилиндр сжатия с взаимодействующим (объединенным с ним), смежным по оси силовым цилиндром. Газовый переходный канал содержит впускной клапан и выпускной клапан, образующие напорную камеру между собой. Клапаны управляют вводом газового потока в цилиндры сжатия и выводом газового потока из силовых цилиндров. Воздушный резервуар может быть оперативно соединен с напорными камерами при

помощи резервуарного канала, в местоположениях между впускным клапаном и выпускным клапаном каждой напорной камеры. Воздушный резервуар избирательно работает для приема и выпуска сжатого воздуха.

5 В соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения предлагается звездообразный двигатель с расщепленным циклом, который может
 10 быть использован в авиационных применениях. Звездообразный двигатель с расщепленным циклом позволяет последовательно производить зажигание (воспламенять топливную смесь) в цилиндрах, что повышает вращающий момент
 15 двигателя. Звездообразный двигатель с расщепленным циклом также позволяет смещать цилиндры двигателя относительно коленчатого вала, что дополнительно повышает вращающий момент двигателя и снижает трение поршня об юбку поршня. Более того, звездообразный двигатель с расщепленным циклом позволяет всасывать большие объемы воздуха, что улучшает характеристики двигателя на больших
 20 высотах, где воздух разрежен.

Более конкретно, звездообразный двигатель с расщепленным циклом в соответствии с настоящим изобретением содержит коленчатый вал, выполненный с
 25 возможностью вращения относительно оси коленчатого вала. Звездообразный двигатель с расщепленным циклом содержит блок силовых цилиндров, который содержит множество силовых цилиндров, радиально расположенных вокруг коленчатого вала. Каждый силовой поршень введен с возможностью скольжения в
 30 соответствующий силовой цилиндр и оперативно соединен с коленчатым валом, так что каждый силовой поршень совершает возвратно-поступательное движение в течение рабочего такта и такта выпуска, при одном обороте коленчатого вала. Блок цилиндров сжатия расположен по оси рядом с блоком силовых цилиндров. Блок цилиндров сжатия содержит множество цилиндров сжатия, радиально расположенных
 35 вокруг коленчатого вала, число которых равно числу силовых цилиндров. Каждый поршень сжатия введен с возможностью скольжения в соответствующий цилиндр сжатия и оперативно соединен с коленчатым валом, так что каждый поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия, при одном обороте коленчатого вала. Каждый цилиндр сжатия образует пару с
 40 взаимодействующим силовым цилиндром. Каждая пара цилиндров сжатия - силовой цилиндр содержит газовый переходный канал, соединяющий цилиндр сжатия и силовой цилиндр пары. Газовый переходный канал содержит впускной клапан и выпускной клапан, образующие напорную камеру между собой. Также предусмотрены клапаны для управления вводом газового потока в цилиндры сжатия
 45 и выводом газового потока из силовых цилиндров. Воздушный резервуар может быть оперативно соединен с напорными камерами при помощи резервуарного канала, в местоположениях между впускным клапаном и выпускным клапаном каждой напорной камеры. Воздушный резервуар избирательно работает для приема и
 50 выпуска сжатого воздуха.

Указанные ранее и другие характеристики изобретения будут более ясны из последующего детального описания, приведенного со ссылкой на сопроводительные
 55 чертежи.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 схематично показан вид сбоку самолета, который содержит воздушный
 60 гибридный двигатель с расщепленным циклом и баки для сжатого воздуха в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 2 схематично показан вид сверху самолета, показанного фиг. 1.

На фиг.3 показан разрез самолета по линии 3-3 фиг.2.

На фиг.4 схематично показан двигатель с расщепленным циклом с
 5 противолежащими цилиндрами в соответствии с настоящим изобретением, который
 имеет бак для хранения воздуха, причем поршни двигателя расположены вблизи от
 своих положений верхней мертвой точки.

На фиг.5 показан разрез двигателя с расщепленным циклом с противолежащими
 цилиндрами по линии 5-5 фиг.4.

10 На фиг.6 показан разрез двигателя с расщепленным циклом с противолежащими
 цилиндрами по линии 6-6 фиг.4.

На фиг.7 схематично показан другой вид двигателя с расщепленным циклом с
 противолежащими цилиндрами, показанного на фиг.4, причем поршни двигателя
 расположены вблизи от своих положений нижней мертвой точки.

15 На фиг.8 показан разрез двигателя с расщепленным циклом с противолежащими
 цилиндрами по линии 8-8 фиг.7.

На фиг.9 показан разрез двигателя с расщепленным циклом с противолежащими
 цилиндрами по линии 9-9 фиг.7.

20 На фиг.10 схематично показан звездообразный двигатель с расщепленным циклом
 в соответствии с настоящим изобретением, имеющий бак для хранения воздуха.

На фиг.11 схематично показан блок цилиндров сжатия звездообразного двигателя с
 расщепленным циклом, показанного на фиг.10.

25 На фиг.12 схематично показан блок силовых цилиндров звездообразного двигателя
 с расщепленным циклом, показанного на фиг.10.

Подробное описание изобретения

30 Обратимся теперь к рассмотрению фиг.1-3, на которых показан винтовой
 самолет 10. Как это показано на фиг.1-3, самолет 10 имеет два крыла 12, лонжерон 14
 в крыльях 12, кабину 16 экипажа, хвост 18 и хвостовую часть 20 фюзеляжа. Самолет 10
 может иметь один лонжерон 14, связывающий два крыла 12, или отдельные
 лонжероны в каждом крыле 12. Двигатель 22 с расщепленным циклом в соответствии
 с настоящим изобретением установлен на самолете 10 впереди от кабины 16 экипажа,
 чтобы приводить во вращение пропеллер 24. Баки 26 для хранения воздуха могут
 35 быть расположены (закреплены) на лонжероне 14, в хвостовой части 20 фюзеляжа или
 в том и другом месте. Бак (баки) для хранения воздуха также может быть расположен
 в любом другом подходящем месте внутри самолета 10, например в подходящем месте
 внутри крыльев 12, но не на лонжероне 14.

40 Обратимся теперь к рассмотрению фиг.4-9, на которых показан двигатель 22 с
 расщепленным циклом, которым в соответствии с одним из вариантов настоящего
 изобретения может быть двигатель 22 с расщепленным циклом с противолежащими
 цилиндрами, который содержит коленчатый вал 28, выполненный с возможностью
 вращения относительно оси 30 коленчатого вала. Двигатель 22 с расщепленным
 45 циклом с противолежащими цилиндрами дополнительно содержит пару
 противолежащих силовых цилиндров 34 на каждой стороне коленчатого вала 28.
 Каждый силовой поршень 36 введен с возможностью скольжения в соответствующий
 силовой цилиндр 34 и оперативно соединен с коленчатым валом 28, так что каждый
 силовой поршень 36 совершает возвратно-поступательное движение в течение
 50 рабочего такта и такта выпуска, при одном обороте коленчатого вала 28.
 Двигатель 22 с расщепленным циклом с противолежащими цилиндрами с
 расщепленным циклом также содержит пару противолежащих цилиндров 40 сжатия на
 каждой стороне коленчатого вала 28. Каждый поршень 42 сжатия введен с

возможностью скольжения в соответствующий цилиндр 40 сжатия и оперативно соединен с коленчатым валом 28, так что каждый поршень 42 сжатия совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия, при одном обороте коленчатого вала 28. Газовый переходный канал 44 соединяет каждый цилиндр 40 сжатия с взаимодействующим, смежным по оси силовым цилиндром 34. Газовый переходный канал 44 содержит впускной клапан 46 и выпускной клапан 48, образующие напорную камеру 50 между собой. Воздушное давление в напорной камере 50 поддерживается на повышенном минимальном давлении в течение циклов работы двигателя. Клапаны 52 управляют впуском газового потока в цилиндры 40 сжатия и выпуском газового потока из силовых цилиндров 34. Клапанами 44, 46, 52 могут быть стопорные клапаны, тарельчатые клапаны или любые другие подходящие клапаны. Клапаны 44, 46, 52 могут быть приведены в действие при помощи кулачков, а также могут иметь электронное управление, пневматическое управление или гидравлическое управление. Воздушный резервуар 26 может быть оперативно соединен с напорными камерами 50 при помощи резервуарного канала 54, в местоположениях между впускным клапаном 46 и выпускным клапаном 48 каждой напорной камеры 50. Воздушный резервуар 26 избирательно работает для приема и выпуска сжатого воздуха.

Двигатель 22 с расцепленным циклом с противоположащими цилиндрами, показанный на фиг.4-9, содержит одну пару силовых цилиндров 34 и одну пару цилиндров 40 сжатия, всего четыре цилиндра. Если желательно получить дополнительную мощность, то может быть добавлена другая пара силовых цилиндров и цилиндров сжатия, так что двигатель будет иметь всего восемь цилиндров, однако следует иметь в виду, что двигатель 22 может иметь любое число цилиндров, при условии, что имеется четное число силовых цилиндров, четное число цилиндров сжатия и равное число силовых цилиндров и цилиндров сжатия (так как каждый силовой цилиндр должен быть спарен с цилиндром сжатия).

Силовые цилиндры 34 могут быть расположены впереди цилиндров сжатия 40, чтобы позволить улучшенное воздушное охлаждение более горячих силовых цилиндров 34 во время работы двигателя. Продольная ось 56 каждого цилиндра 40 сжатия и каждого силового цилиндра 34 может быть смещена от оси 30 вращения коленчатого вала 28. Смещение осей 56 цилиндров от оси 30 вращения коленчатого вала позволяет получить большее передаточное отношение и повышенный вращающий момент. На каждой стороне двигателя 22 одна пара противоположащих цилиндров поднята над осью 30 вращения коленчатого вала 28, а другая опущена ниже оси 30 вращения коленчатого вала 28. Кроме того, так как цилиндры 40 сжатия разделены от силовых цилиндров 34, цилиндры 40 сжатия могут иметь больший диаметр, чем силовые цилиндры 34. Это приводит к тому, что цилиндры 40 сжатия имеют больший объем, чем силовые цилиндры 34, что позволяет производить наддув двигателя без использования внешнего нагнетателя. Это также позволяет повышать КПД двигателя на больших высотах, так как позволяет двигателю всасывать большие объемы разреженного воздуха по сравнению с обычными двигателями. Силовые поршни 36 также могут иметь больший ход на коленчатом валу 28, по сравнению с поршнями 42 сжатия, что позволяет дополнительно расширять газ в силовых цилиндрах 34 и получать повышенный КПД за счет эффекта Миллера.

Поршни 42 сжатия слегка отстают от силовых поршней 36 (в градусах угла поворота коленчатого вала). Это контрастирует с обычными двигателями с противоположащими цилиндрами, в которых соседние пары поршней перемещаются со

смещением на угол поворота коленчатого вала, равный 180 градусам. Во время работы двигателя 22, когда поршни 42 сжатия доходят до верхней мертвой точки (TDC), силовые поршни 36 уже дошли до TDC и начали рабочий ход. Топливо воспламеняется в каждом силовом цилиндре 34 в диапазоне от 5 до 40 градусов угла поворота коленчатого вала после того, как силовой поршень 36, объединенный с силовым цилиндром 34, дошел до своего положения верхней мертвой точки (градусы ATDC). Преимущественно, топливо воспламеняется в каждом силовом цилиндре 34 в диапазоне от 10 до 30 градусов ATDC.

На фиг.4-6 показаны поршни 42 сжатия, которые находятся около положения TDC, и силовые поршни 36, которые переместились от TDC в направлении нижней мертвой точки (BDC). Направление вращения коленчатого вала 28 (фиг.5) и относительные перемещения силовых поршней 36 (фиг.6) показаны стрелками, объединенными на чертежах с соответствующими компонентами. На фиг.7-9 показаны поршни 42 сжатия, которые находятся около положения BDC, и силовые поршни 36, которые переместились от BDC в направлении TDC. Направление вращения коленчатого вала 28 (фиг.8 и 9) и относительные перемещения силовых поршней 36 и поршней 42 сжатия (фиг.7 и 9) показаны стрелками, объединенными на чертежах с соответствующими компонентами.

Силовые поршни 36 могут быть оперативно соединены с коленчатым валом 28 при помощи отдельных пальцев кривошипа/цапф 43, которые смещены на 180 градусов относительно оси 30 коленчатого вала. Следовательно, спаренные силовые поршни 36 доходят до верхней мертвой точки одновременно. Аналогично, поршни 42 сжатия могут быть оперативно соединены с коленчатым валом 28 при помощи отдельных пальцев кривошипа/цапф 42, которые смещены на 180 градусов относительно оси 30 коленчатого вала. Следовательно, спаренные поршни 42 сжатия также доходят до верхней мертвой точки одновременно.

Свеча зажигания (не показана) может быть введена в каждый из силовых цилиндров 34 для воспламенения зарядов воздух-топливо в точные моменты времени при помощи устройства управления зажиганием (тоже не показано). Следует иметь в виду, что двигатель 22 может быть выполнен как дизельный двигатель и при необходимости может работать без свечи зажигания. Более того, двигатель 22 может работать на любом топливе, которое подходит для создания возвратно-поступательного движения поршней, таком как водород, природный газ или биодизельное топливо.

За счет использования воздушных резервуаров 26, двигатель с расщепленным циклом 22 может работать как воздушный гибридный двигатель. При этом цилиндры 40 сжатия могут иметь избирательное управление, чтобы устанавливать (переводить) поршни 42 сжатия в режим сжатия или в холостой режим. Аналогично, силовые цилиндры 34 могут иметь избирательное управление, чтобы устанавливать (переводить) силовые поршни 36 в рабочий режим или в холостой режим. Более того, двигатель 22 может работать по меньшей мере в трех режимах, а именно в режиме двигателя внутреннего сгорания (ICE), в режиме воздушного компрессора (AC) и в режиме получения мощности от предварительно сжатого воздуха (PAP). В ICE режиме поршни 42 сжатия и силовые поршни 36 находятся соответственно в режиме сжатия и в рабочем режиме, причем поршни 42 сжатия всасывают и сжимают входной воздух, для использования в силовых цилиндрах 34, при этом сжатый воздух впускают в силовые цилиндры 34 вместе с топливом, в начале рабочего такта, которое воспламеняется, сгорает и расширяется в этом же рабочем такте силовых поршней 36,

передавая мощность на коленчатый вал 28, а продукты горения выпускают в такте выпуска. В АС режиме поршни 42 сжатия находятся в режиме сжатия и они всасывают и сжимают воздух, который хранится в воздушном резервуаре 26, для дальнейшего использования в силовых цилиндрах или в других компонентах самолета, как это описано далее более подробно. В РАР режиме силовые цилиндры 34 находятся в рабочем режиме и получают сжатый воздух из воздушного резервуара 26, который расширяется в рабочем такте силовых поршней 36, передавая мощность на коленчатый вал 28, причем расширенный (увеличенный в объеме) воздух выпускают в такте выпуска.

При необходимости, в РАР режиме топливо может быть перемешано со сжатым воздухом в начале рабочего такта, и полученная смесь может воспламеняться, сгорать и расширяться в этом же рабочем такте силовых поршней 36, передавая мощность на коленчатый вал 28, а продукты горения могут быть выпущены в такте выпуска. Альтернативно, в РАР режиме, сжатый воздух, впущенный в силовые цилиндры 34, может расширяться без добавки топлива или без сгорания.

Избыток сжатого воздуха, то есть воздух, который не был использован для горения в силовых цилиндрах 34, перемещается из напорных камер 50 в бак (баки) 26 для хранения воздуха, через резервуарный канал 54. Хранящийся сжатый воздух может быть использован для различных применений. Такие применения могут включать в себя (но без ограничения): а) запуск двигателя вместо электростартера; б) наддув кабины; в) накачивание надувных дверных уплотнений в герметизированном самолете; д) торможение колес, за счет приведения в действие тормозных башмаков и/или за счет активного сопротивления сжатого воздуха вращению колес; е) вращение пропеллеров для руления на коротких расстояниях без впрыска топлива в двигатель (см. выше РАР режим); ф) приведение во вращение колес самолета для руления самолета без запуска двигателя и без вращеня пропеллера (что требуется для безопасного руления); г) приведение во вращение колес самолета до приземления, чтобы шины подвергались меньшему фрикционному износу при касании с землей при приземлении; h) приложение тормозного усилия к колесам самолета для быстрой остановки, в дополнение к обычным тормозам самолета; и) работа двигателя на сжатом воздухе, когда цилиндры сжатия находятся в холостом режиме (см. выше РАР режим); j) работа полетных приборов, в которых используют гироскопы; к) создание давления топлива в случае отказа топливного насоса; l) приведение в действие органов управления полетом и шасси, при этом, например, регулирующий клапан воздушного давления может быть использован для создания точно отрегулированного давления триммирования (trim pressure) на поверхности управления и также может приводить в действие предкрылки передней кромки крыла; m) удаление льда с крыльев самолета; n) надувание пневмоподушек для защиты при авиационных происшествиях; o) открывание спасательного парашюта всего самолета спасательной системы всего самолета вместо ракетного двигателя; p) приведение в действие аварийных надувных спасательных желобов; q) рассеивание пестицидов, антипиренов, выпуск осветительных ракет, спуск военного снаряжения и других средств на самолетах специального применения; r) удаление воды из поплавков гидросамолета; s) выпуск воздуха через небольшие отверстия в верхней части крыльев, для имитации эффектов вихрей, возникающих на малых скоростях.

При необходимости двигатель 22 также может работать по меньшей мере в четвертом режиме, называемом режимом высокой мощности (НР). В НР режиме цилиндрами 40 сжатия избирательно управляют так, чтобы они в действительности

работали как дополнительные силовые цилиндры, имеющие рабочие такты и такты выпуска, вместо тактов впуска и тактов сжатия.

Во время НР режима окружающий воздух не всасывают в цилиндры 40 сжатия через впускные клапаны 52. Вместо этого как цилиндры 40 сжатия, так и силовые цилиндры 34 получают сжатый воздух из воздушного резервуара 26, который (воздух) расширяется в соответствующих рабочих тактах цилиндров сжатия и силовых цилиндров и выпускается в их соответствующих тактах выпуска.

В предпочтительном варианте НР режима силовой поршень 36 передает мощность на коленчатый вал 28 за счет процесса горения, в то время как поршень 42 сжатия передает мощность на коленчатый вал 28 за счет процесса расширения воздуха из воздушного резервуара 26, без горения. Таким образом, в силовом цилиндре 34 топливо перемешивается со сжатым воздухом в начале рабочего такта, и полученная смесь воспламеняется, сгорает и расширяется в этом же рабочем такте силового цилиндра 34. Тем временем, сжатый воздух, впущенный в цилиндр 40 сжатия, расширяется в рабочем такте цилиндра 40 сжатия, без добавления топлива или без сгорания.

Работа двигателя 22 в НР режим буквально удваивает число рабочих тактов двигателя, при условии, что воздушный резервуар 26 остается заряженным и имеет достаточное давление воздуха для поддержания НР режима. Этот режим полезен для повышения мощности авиационного двигателя во время кратковременных критических операций, таких как набор высоты для пролета над горой или быстрый разгон до высокой скорости для ускорения взлета. Более того, воздушный резервуар может быть накачан при помощи внешнего компрессора на земле, что позволяет двигателю 22 работать в НР режиме в течение более длительных периодов времени при взлете.

Обратимся теперь к рассмотрению фиг.10-12, на которых показан альтернативный двигатель с расщепленным циклом в соответствии с настоящим изобретением, которым может быть звездообразный (радиальный) двигатель 122 с расщепленным циклом, который содержит коленчатый вал 128, выполненный с возможностью вращения относительно оси 130 коленчатого вала. Двигатель 122 имеет блок силовых цилиндров 132, который содержит множество силовых цилиндров 134, радиально расположенных вокруг коленчатого вала 128. Каждый силовой поршень 136 введен с возможностью скольжения в соответствующий силовой цилиндр 134 и оперативно соединен с коленчатым валом 128, так что каждый силовой поршень 136 совершает возвратно-поступательное движение в течение рабочего такта и такта выпуска, при одном обороте коленчатого вала 128. Блок цилиндров 138 сжатия является смежным по оси с блоком 132 силовых цилиндров. Блок 138 цилиндров сжатия содержит множество цилиндров 140 сжатия, радиально расположенных вокруг коленчатого вала 128, причем их число соответствует числу силовых цилиндров 134. Каждый поршень 142 сжатия введен с возможностью скольжения в соответствующий цилиндр сжатия 140 и оперативно соединен с коленчатым валом 128, так что каждый поршень сжатия 142 совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия, при одном обороте коленчатого вала 128. Каждый цилиндр 140 сжатия спарен с взаимодействующим силовым цилиндром 134. Каждая пара цилиндр 140 сжатия - силовой цилиндр 134 содержит газовый переходный канал 144, соединяющий цилиндр сжатия 140 и силовой цилиндр 134 пары. Газовый переходный канал 144 содержит впускной клапан 146 и выпускной клапан 148, образующие напорную камеру 150 между собой. Предусмотрены клапаны 152 для впуска газового потока в

цилиндры 140 сжатия и выпуска газового потока из силовых цилиндров 134.

Клапанами 144, 146, 152 могут быть стопорные клапаны, тарельчатые клапаны или любые другие подходящие клапаны. Клапаны 44, 46, 52 могут быть приведены в действие при помощи кулачков, а также могут иметь электронное управление, пневматическое управление или гидравлическое управление. Воздушный резервуар 126 может быть оперативно соединен с напорными камерами 150 при помощи резервуарного канала 154, в местоположениях между впускным клапаном 146 и выпускным клапаном 148 каждой напорной камеры 150. Воздушный резервуар 126 избирательно работает для приема и выпуска сжатого воздуха.

Блок 132 силовых цилиндров может быть расположен впереди от блока 138 цилиндров сжатия, чтобы позволить улучшенное воздушное охлаждение более горячего блока 132 силовых цилиндров во время работы двигателя. Цилиндры 140 сжатия блока 138 цилиндров сжатия могут быть повернуты относительно силовых цилиндров 134 блока 132 силовых цилиндров. Другими словами, цилиндры 140 сжатия могут не находиться на одной линии с силовыми цилиндрами 134, а вместо этого могут быть повернуты на несколько градусов относительно коленчатого вала 128, чтобы увеличить поток воздуха над цилиндрами 140 сжатия. Более того, продольная ось 156 каждого цилиндра 140 сжатия может быть смещена от оси 130 вращения коленчатого вала 128. Аналогично, продольная ось 156 каждого силового цилиндра 134 также может быть смещена от оси 130 вращения коленчатого вала 128. Цилиндры 140 сжатия могут иметь больший диаметр, чем силовые цилиндры 134, что позволяет всасывать большие объемы воздуха. Поршни 142 сжатия могут иметь более короткий ход, чем силовые поршни 136.

Один из силовых поршней 136 может быть оперативно соединен с коленчатым валом 128 при помощи первого фиксированного главного шатуна 158, а остальные силовые поршни 136 могут быть оперативно соединены с первым главным шатуном 158 при помощи шарнирных шатунов 160. Первый главный шатун 158 имеет ступицу 161 на одном конце (и, следовательно, прикреплен к ступице 161). Шатуны 160 шарнирно соединены со ступицей 161 при помощи шарнирных пальцев или других подходящих средств. Аналогично, один из поршней 142 сжатия может быть оперативно соединен с коленчатым валом 128 при помощи второго фиксированного главного шатуна 162, а поршни 142 сжатия могут быть оперативно соединены со вторым главным шатуном 162 при помощи шарнирных шатунов 164. Второй главный шатун 162 имеет ступицу 166 на одном конце (и, следовательно, прикреплен к ступице 166). Шатуны 164 шарнирно соединены со ступицей 166 при помощи шарнирных пальцев или других подходящих средств. Однако следует иметь в виду, что силовые поршни и поршни сжатия также могут быть оперативно соединены с коленчатым валом при помощи других подходящих механических компонентов.

Звездообразный двигатель 122 с расщепленным циклом может иметь от трех до девяти силовых цилиндров и такое же число цилиндров сжатия. В варианте, показанном на чертежах, двигатель 122 имеет пять силовых цилиндров 134 и пять цилиндров сжатия 140. Однако следует иметь в виду, что звездообразный двигатель 122 с расщепленным циклом может иметь любое число силовых цилиндров и цилиндров сжатия, при условии, что число силовых цилиндров равно числу цилиндров сжатия, причем имеется по меньшей мере три силовых цилиндра и три цилиндра сжатия.

Если желательно иметь дополнительную мощность, то звездообразный двигатель 122 с расщепленным циклом также может иметь второй блок силовых

цилиндров, имеющий множество силовых цилиндров, радиально расположенных вокруг коленчатого вала, и второй блок цилиндров сжатия, смежный по оси со вторым блоком силовых цилиндров, который содержит множество цилиндров сжатия, радиально расположенных вокруг коленчатого вала, причем число цилиндров сжатия равно числу силовых цилиндров. Второй блок силовых цилиндров может быть смежным по оси с первым блоком цилиндров сжатия, так что четыре блока цилиндров будут выровнены (совмещены) в ряду. Каждый силовой поршень введен с возможностью скольжения в соответствующий силовой цилиндр второго блока силовых цилиндров и оперативно соединен с коленчатым валом, так что каждый силовой поршень совершает возвратно-поступательное движение в течение рабочего такта и такта выпуска, при одном обороте коленчатого вала. Аналогично, каждый поршень сжатия введен с возможностью скольжения в соответствующий цилиндр сжатия и оперативно соединен с коленчатым валом, так что каждый поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия, при одном обороте коленчатого вала. Каждый цилиндр сжатия второго блока цилиндров сжатия спарен (образует пару) с взаимодействующим силовым цилиндром второго блока силовых цилиндров. Каждая пара цилиндров сжатия - силовой цилиндр второго блока цилиндров сжатия и второго блока силовых цилиндров содержит газовый переходный канал, соединяющий цилиндр сжатия и силовой цилиндр пары. Газовый переходный канал содержит впускной клапан и выпускной клапан, образующие напорную камеру между собой. Предусмотрены клапаны, которые управляют впуском газового потока в цилиндры сжатия второго блока цилиндров сжатия и выпуском газового потока из силовых цилиндров второго блока силовых цилиндров. Следует иметь в виду, что звездообразный двигатель 122 с расщепленным циклом может иметь любое число блоков цилиндров, при условии, что число блоков силовых цилиндров равно числу блоков цилиндров сжатия.

Поршни 142 сжатия слегка отстают от силовых поршней 136 (в градусах угла поворота коленчатого вала). Во время работы двигателя, когда поршни 142 сжатия доходят до верхней мертвой точки (ТДС), силовые поршни 136 уже дошли до ТДС и начали рабочий ход. Топливо воспламеняется в каждом силовом цилиндре 134 в диапазоне от 5 до 40 градусов угла поворота коленчатого вала после того, как силовой поршень 136, объединенный с силовым цилиндром 134, дошел до своего положения верхней мертвой точки (градусы АТДС). Преимущественно, топливо воспламеняется в каждом силовом цилиндре 134 в диапазоне от 10 до 30 градусов АТДС. Силовые цилиндры 134 могут быть расположены так, чтобы зажигание в них происходило последовательно, когда коленчатый вал вращается. Кроме того, зажигание в каждом силовом цилиндре 134 происходит при каждом обороте коленчатого вала 128. Это контрастирует с обычными четырехтактными звездообразными двигателями, в которых, когда коленчатый вал вращается, зажигание в любом силовом цилиндре происходит так, что на каждые два оборота коленчатого вала имеется одно зажигание в каждом силовом цилиндре. Направление вращения коленчатого вала 128 показано на фиг.10-12 стрелкой, которая связана с коленчатым валом.

Могут быть предусмотрены свечи 168 зажигания, имеющие электроды, входящие в каждый из силовых цилиндров 134 для воспламенения зарядов воздух-топливо в точные моменты времени при помощи устройства управления зажиганием (не показано). Следует иметь в виду, что двигатель 122 может быть выполнен как дизельный двигатель и при необходимости может работать без свечи зажигания.

Несмотря на то, что были описаны специфические варианты осуществления изобретения, совершенно ясно, что в него специалистами в данной области могут быть внесены изменения и дополнения, которые не выходят, однако, за рамки формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Авиационный двигатель с расщепленным циклом, который содержит:
 - коленчатый вал, выполненный с возможностью вращения относительно своей оси;
 - силовой поршень, введенный в силовой цилиндр с возможностью скольжения и соединенный с коленчатым валом, так что силовой поршень совершает возвратно-поступательное движение в течение рабочего такта и такта выпуска при одном обороте коленчатого вала;
 - поршень сжатия, введенный в цилиндр сжатия с возможностью скольжения и соединенный с коленчатым валом, так что поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия при одном обороте коленчатого вала;
 - газовый переходный канал, соединяющий силовой цилиндр и цилиндр сжатия, причем газовый переходный канал содержит впускной клапан и выпускной клапан, образующие между собой напорную камеру;
 - воздушный резервуар, расположенный внутри самолета и соединенный с напорной камерой при помощи резервуарного канала, в местоположении между впускным клапаном и выпускным клапаном напорной камеры, причем воздушный резервуар избирательно работает, чтобы получать сжатый воздух из цилиндра сжатия и выпускать сжатый воздух в силовой цилиндр, для использования при передаче мощности на коленчатый вал в ходе работы двигателя;
 - клапаны, избирательно управляющие вводом газового потока в цилиндр сжатия, силовой цилиндр и воздушный резервуар и выводом газового потока из них;
 - причем двигатель установлен на самолете, а воздушный резервуар расположен внутри самолета;
 - причем двигатель выполнен с возможностью работы в режиме высокого давления (НР), при этом в НР режиме:
 - цилиндр сжатия может по выбору работать как силовой цилиндр, имеющий рабочий такт и такт выхлопа;
 - и силовой цилиндр, и цилиндр сжатия получают сжатый воздух из воздушного резервуара, который расширяется при совершении ими рабочих тактов и опорожняется при тактах выхлопа.
2. Авиационный двигатель по п.1, у которого воздушный резервуар расположен в крыле самолета.
3. Авиационный двигатель по п.2, у которого воздушный резервуар расположен, по меньшей мере, на одном из лонжеронов крыла.
4. Авиационный двигатель по п.1, у которого воздушный резервуар расположен в хвостовой части фюзеляжа самолета.
5. Авиационный двигатель по п.4, у которого воздушный резервуар расположен вблизи от хвоста самолета.
6. Авиационный двигатель по п.1, у которого цилиндром сжатия избирательно управляют так, чтобы установить поршень сжатия в режим сжатия или в холостой режим.
7. Авиационный двигатель по п.1, у которого силовым цилиндром избирательно

управляют так, чтобы установить силовой поршень в рабочий режим или в холостой режим.

8. Авиационный двигатель по п.1, работающий по меньшей мере в трех режимах, а именно в режиме двигателя внутреннего сгорания (ICE), в режиме воздушного компрессора (AC) и в режиме получения мощности от предварительно сжатого воздуха (RAP), причем:

в ICE режиме поршень сжатия и силовой поршень находятся соответственно в режиме сжатия и в рабочем режиме, при этом поршень сжатия всасывает и сжимает входной воздух для использования в силовом цилиндре, причем сжатый воздух впускают в силовой цилиндр вместе с топливом, в начале рабочего такта, которое воспламеняется, сгорает и расширяется в этом же рабочем такте силового поршня, передавая мощность на коленчатый вал, причем продукты горения выпускают в такте выпуска;

в AC режиме поршень сжатия находится в режиме сжатия и всасывает и сжимает воздух, который хранится в воздушном резервуаре, для последующего использования в силовом цилиндре;

в RAP режиме силовой цилиндр находится в рабочем режиме и получает из воздушного резервуара сжатый воздух, который расширяется в рабочем такте силового поршня, передавая мощность на коленчатый вал, причем расширенный воздух выпускают в такте выпуска.

9. Авиационный двигатель по п.8, у которого в режиме RAP топливо перемешивают со сжатым воздухом в начале рабочего такта, причем полученная смесь воспламеняется, сгорает и расширяется в этом же рабочем такте силового поршня, передавая мощность на коленчатый вал, причем продукты горения выпускают в такте выпуска.

10. Авиационный двигатель по п.7, у которого в режиме RAP впущенный в силовой цилиндр сжатый воздух расширяется без добавки топлива или без сгорания.

11. Авиационный двигатель по п.1, в котором:

в силовом цилиндре топливо перемешивают со сжатым воздухом в начале рабочего такта и полученную смесь воспламеняют, сжигают и расширяют в этом же рабочем такте силового цилиндра;

в цилиндре сжатия впущенный в цилиндр сжатия сжатый воздух расширяется в рабочем такте цилиндра сжатия без добавки топлива или без сгорания.

12. Авиационный двигатель по п.1, в котором топливо воспламеняют в диапазоне от 5 до 40° угла поворота коленчатого вала, после того, как силовой поршень дошел до своего положения верхней мертвой точки.

13. Авиационный двигатель по п.12, в котором топливо воспламеняется в диапазоне от 10 до 30° угла поворота коленчатого вала, после того, как силовой поршень дошел до своего положения верхней мертвой точки.

14. Звездообразный двигатель с расщепленным циклом, который содержит: коленчатый вал, выполненный с возможностью вращения относительно своей оси; блок силовых цилиндров, который содержит множество силовых цилиндров, радиально расположенных вокруг коленчатого вала;

причем каждый силовой поршень введен с возможностью скольжения в соответствующий силовой цилиндр и соединен с коленчатым валом, так что каждый силовой поршень совершает возвратно-поступательное движение в течение рабочего такта и такта выпуска при одном обороте коленчатого вала;

блок цилиндров сжатия, смежный по оси с блоком силовых цилиндров, причем блок

цилиндров сжатия содержит множество цилиндров сжатия, радиально расположенных вокруг коленчатого вала, причем их число равно числу силовых цилиндров;

5 причем каждый поршень сжатия введен с возможностью скольжения в соответствующий цилиндр сжатия и соединен с коленчатым валом, так что каждый поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия при одном обороте коленчатого вала;

при этом каждый цилиндр сжатия образует пару с взаимодействующим силовым цилиндром;

10 причем каждая пара цилиндр сжатия - силовой цилиндр содержит газовый переходный канал, соединяющий цилиндр сжатия и силовой цилиндр пары, при этом газовый переходный канал содержит впускной клапан и выпускной клапан, образующие между собой напорную камеру; и

15 клапаны, управляющие впуском газового потока в цилиндры сжатия и выпуском газового потока из силовых цилиндров.

15. Звездообразный двигатель по п.14, в котором цилиндры сжатия блока цилиндров сжатия расположены под углом относительно силовых цилиндров блока силовых цилиндров.

20 16. Звездообразный двигатель по п.14, в котором продольная ось каждого цилиндра сжатия смещена от оси вращения коленчатого вала.

17. Звездообразный двигатель по п.14, в котором продольная ось каждого силового цилиндра смещена от оси вращения коленчатого вала.

25 18. Звездообразный двигатель по п.14, в котором поршни сжатия имеют более короткий ход, чем силовые поршни.

19. Звездообразный двигатель по п.14, в котором цилиндры сжатия имеют больший диаметр, чем силовые цилиндры.

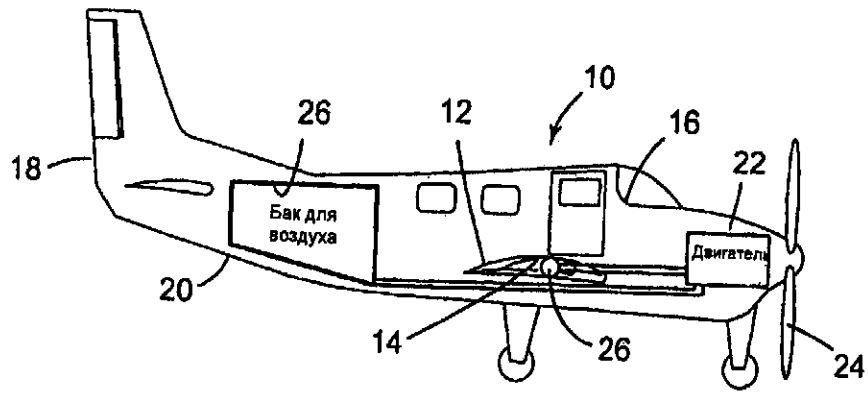
30 20. Звездообразный двигатель по п.14, в котором зажигание в силовых цилиндрах происходит последовательно при вращении коленчатого вала.

21. Звездообразный двигатель по п.14, в котором топливная смесь воспламеняется в каждом силовом цилиндре в диапазоне от 5 до 40° угла поворота коленчатого вала, после того, как силовой поршень, объединенный с силовым цилиндром, дошел до своего положения верхней мертвой точки.

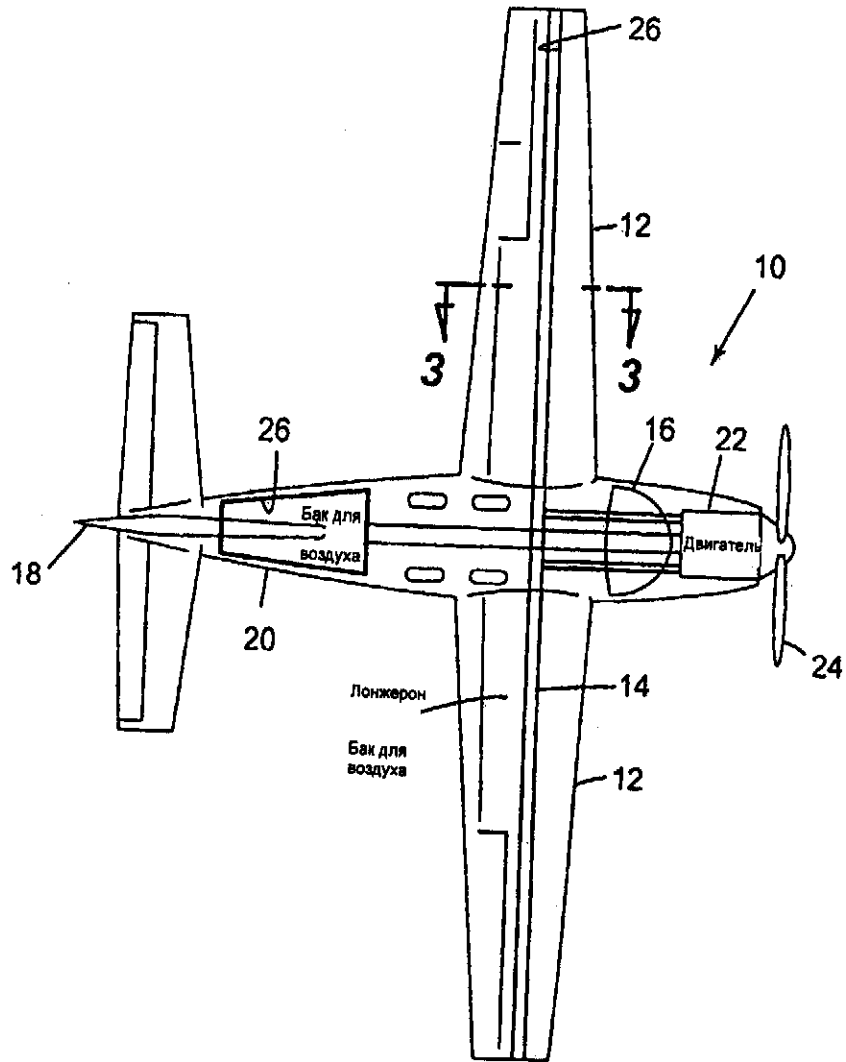
35 22. Звездообразный двигатель по п.14, который содержит воздушный резервуар, соединенный с напорными камерами при помощи резервуарного канала, в местоположениях между впускным клапаном и выпускным клапаном каждой напорной камеры, причем воздушный резервуар избирательно работает для приема и
40 выпуска сжатого воздуха.

45

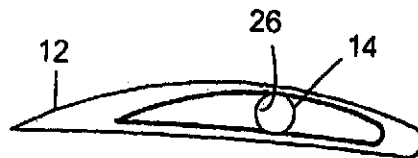
50



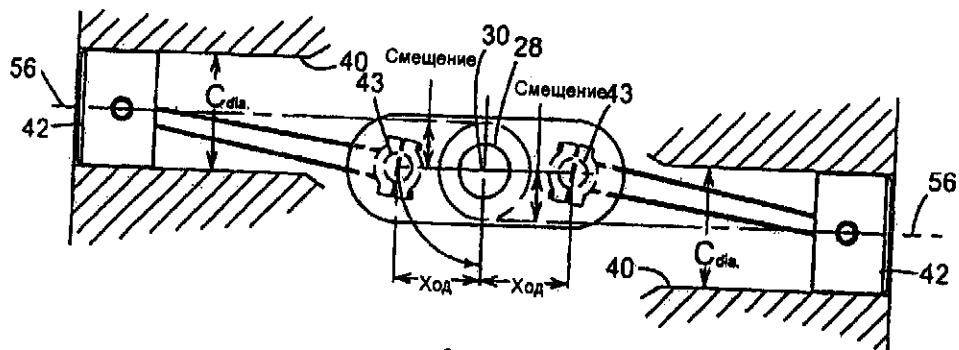
Фиг. 1



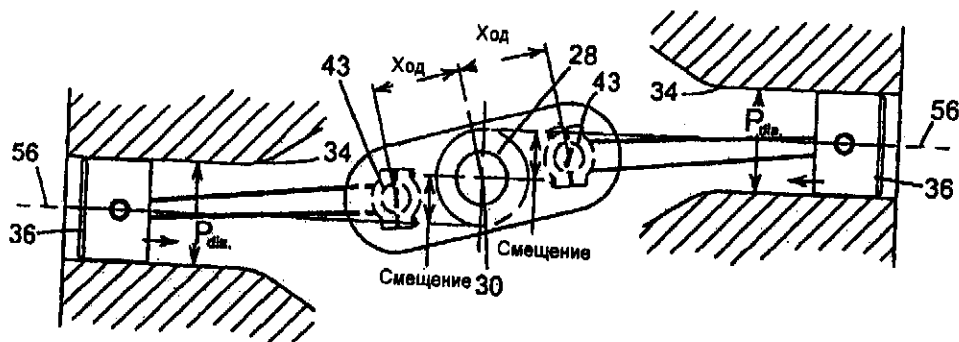
Фиг. 2



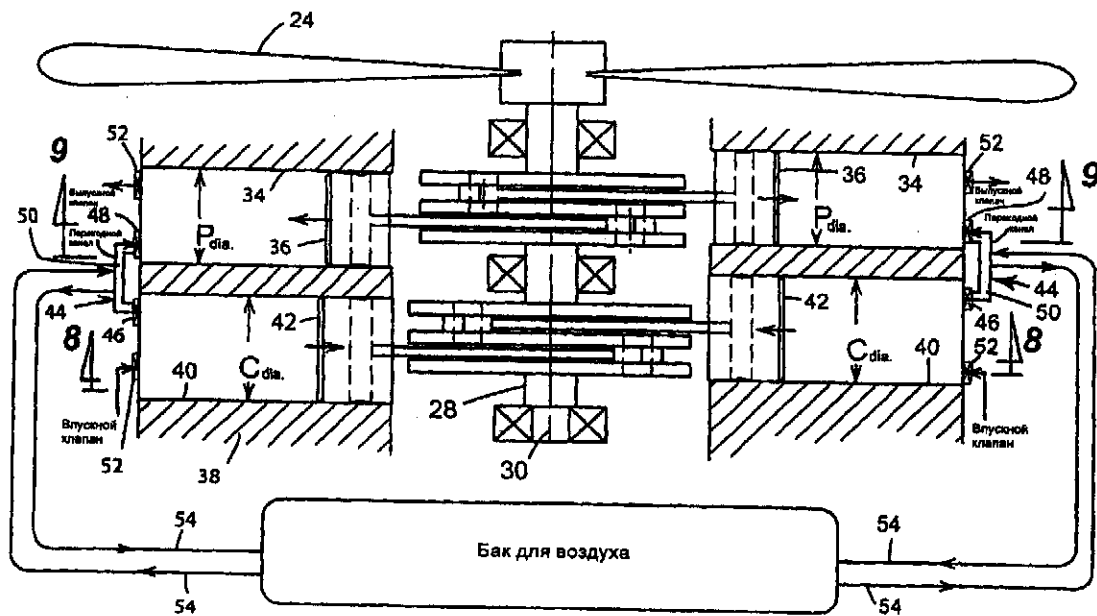
Фиг. 3



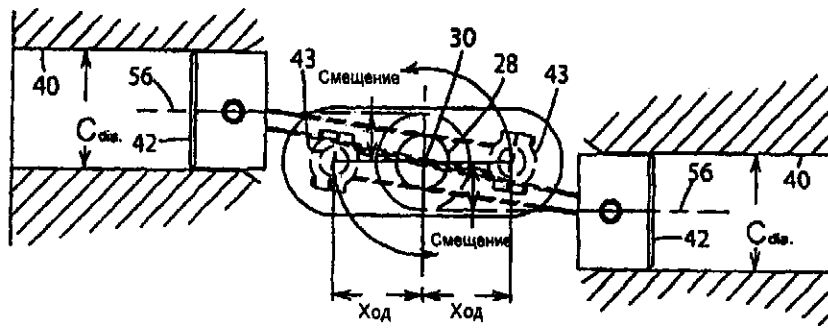
Фиг. 5



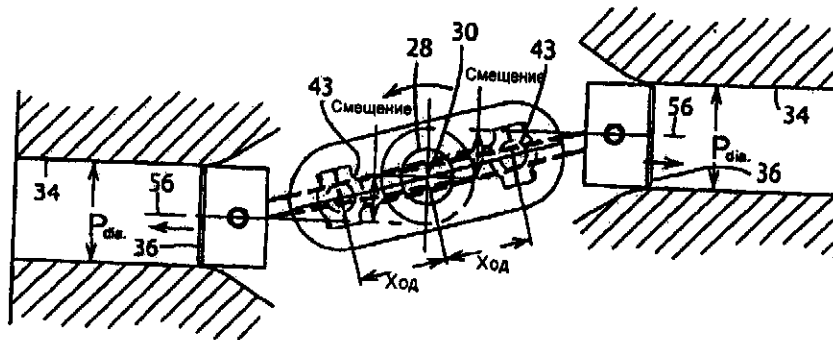
Фиг. 6



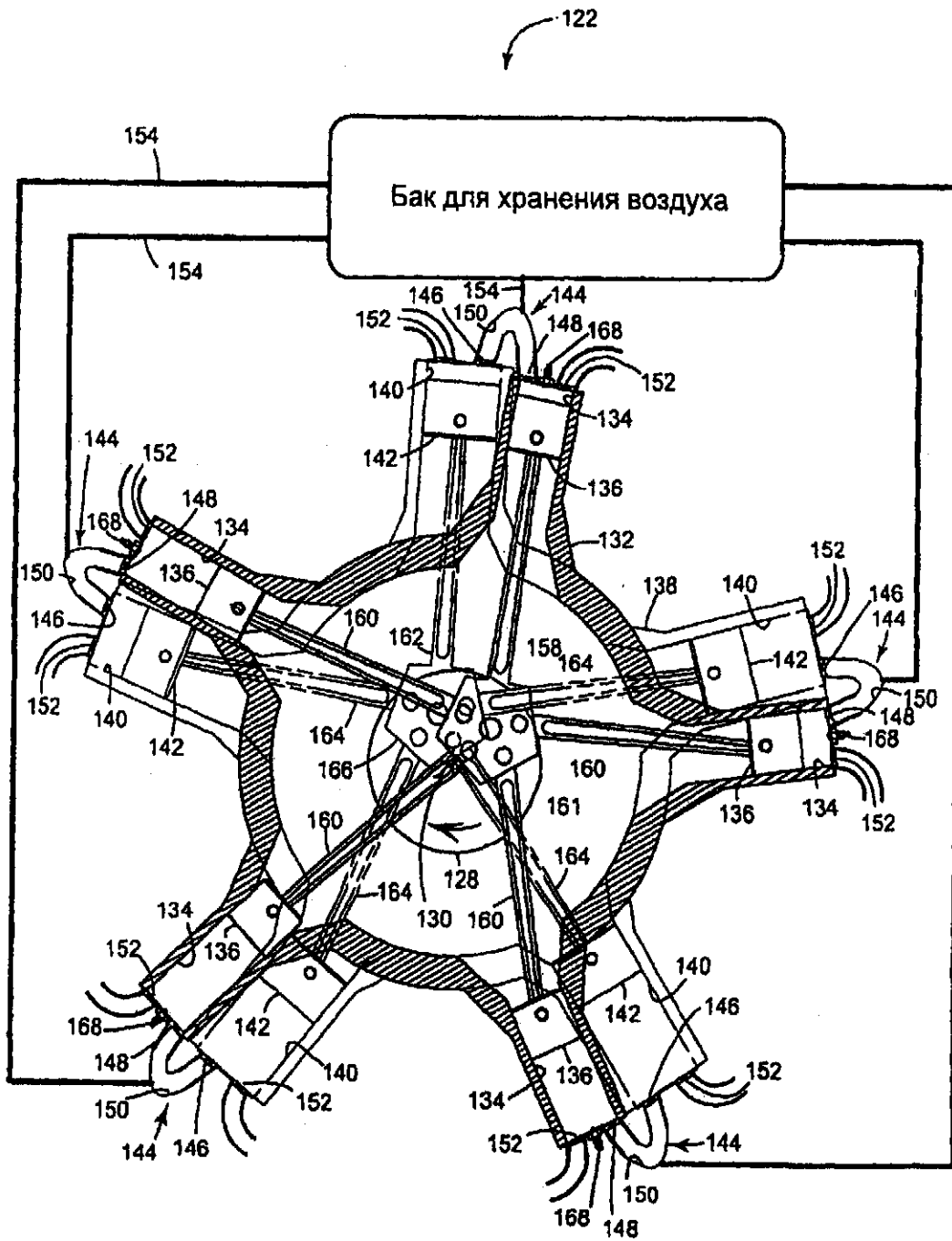
Фиг. 7



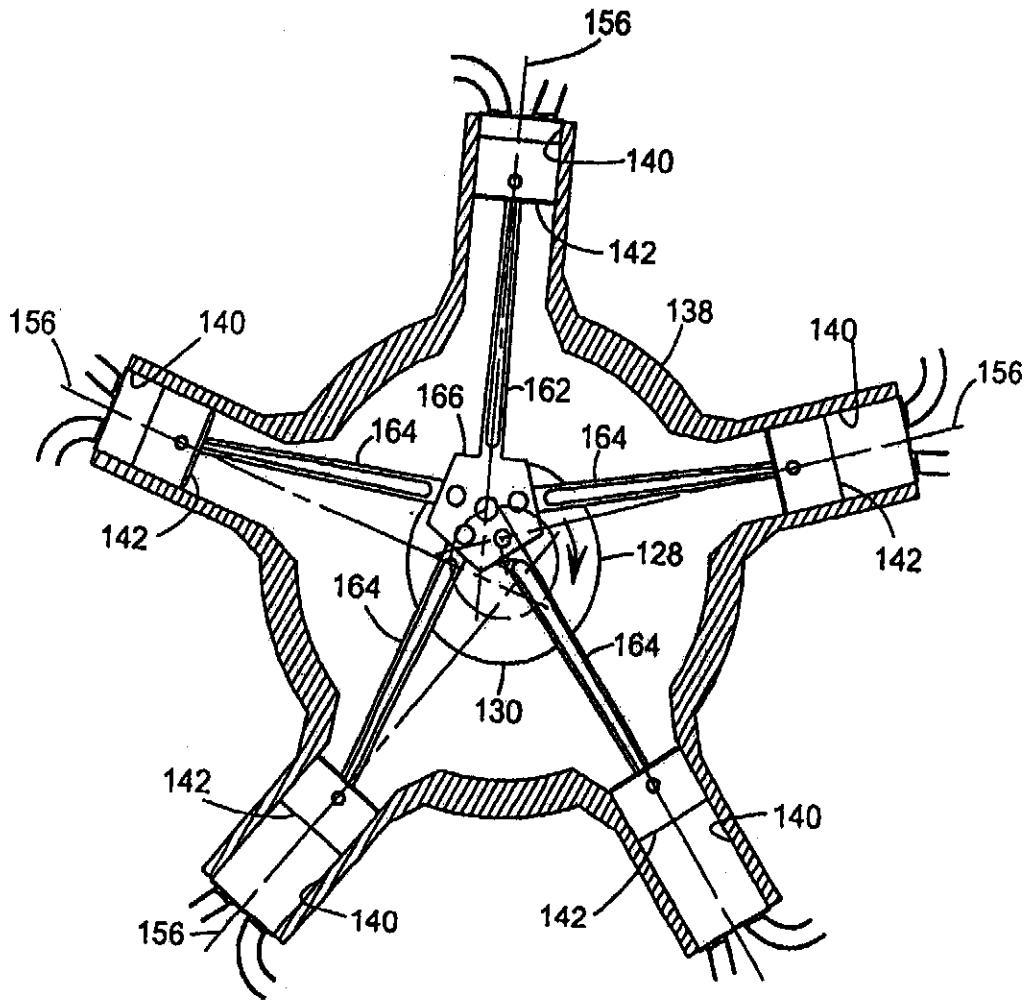
Фиг.8



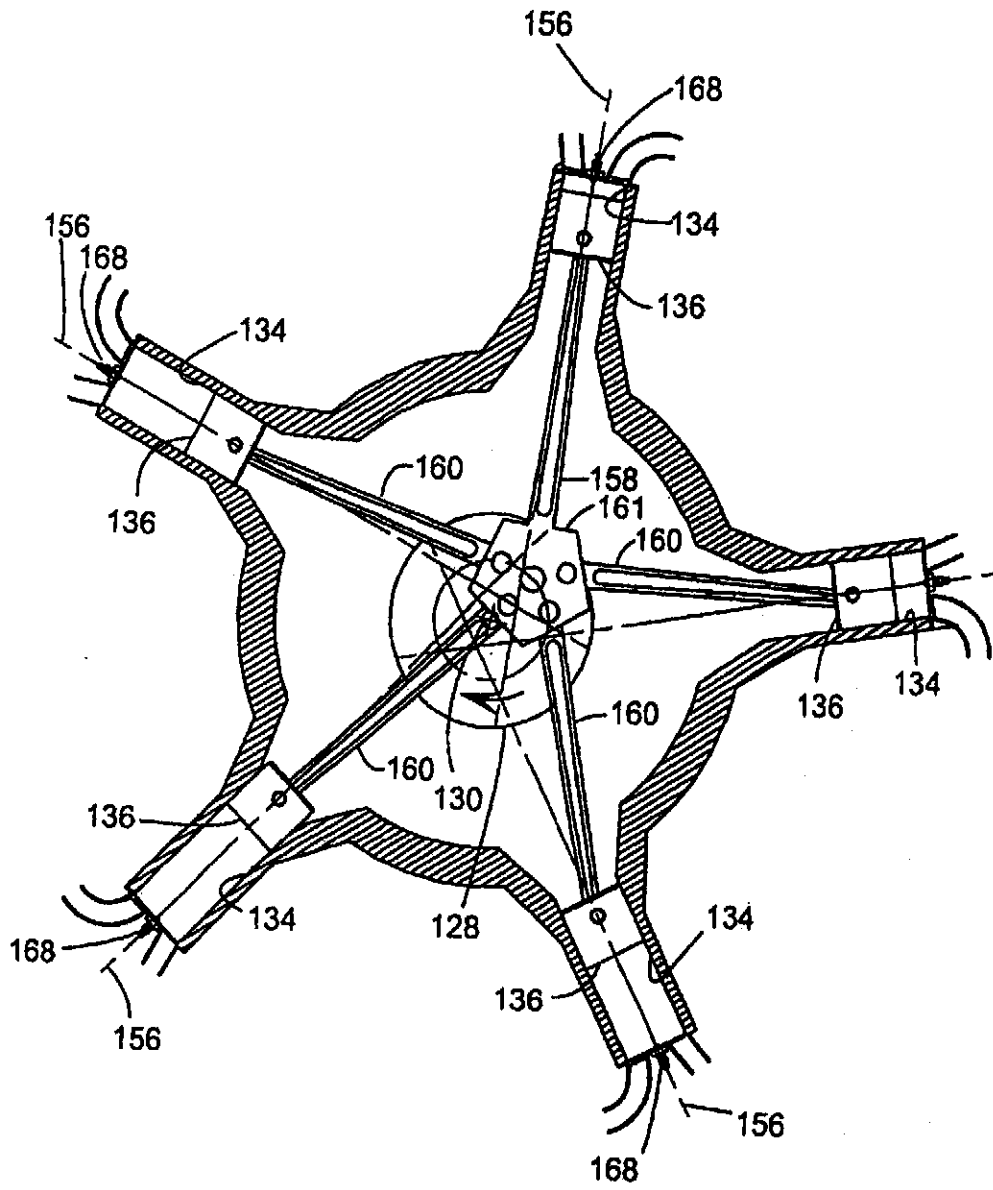
Фиг.9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12